



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20210651652

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

RAYRA BELLICO CÁRIA E COELHO

Título profissional: **ENGENHEIRO AGRIMENSOR E CARTÓGRAFO**

RNP: 1420246577

Registro: 299677MG

2. Dados do Contrato

Contratante: **Município de Ponte Nova**

AVENIDA CAETANO MARINHO

Complemento:

Cidade: **PONTE NOVA**

Bairro: **CENTRO**

UF: **MG**

CPF/CNPJ: **23.804.149/0001-29**

Nº: **306**

CEP: **35430001**

Contrato: **Não especificado**

Valor: **R\$ 8.000,00**

Ação Institucional: **Outros**

Celebrado em:

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Público**

3. Dados da Obra/Serviço

RUA CORONEL EMÍLIO MARTINS

Complemento: **Parque Natural Municipal Tancredo Neves**

Cidade: **PONTE NOVA**

Data de Início: **30/09/2021**

Finalidade: **OUTROS**

Proprietário: **Município de Ponte Nova**

Bairro: **FÁTIMA**

UF: **MG**

Previsão de término: **22/10/2021**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Código: **Não Especificado**

Nº: **S/N**

CEP: **35430249**

CPF/CNPJ: **23.804.149/0001-29**

4. Atividade Técnica

2014 - Elaboração

67 - Levantamento > TOPOGRAFIA > LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ESPECIAIS E NIVELAMENTOS DE PRECISÃO > #33.2.2 - DE LEVANTAMENTO ECOBATIMÉRICO

Quantidade

15.378,05

Unidade

m³

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Levantamento Batimétrico da Lagoa do Parque Natural Municipal Tancredo Neves, para fins de reconhecimento de área e delimitação do volume e do relevo submerso.

6. Declarações

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- A Resolução nº 1.094/17, CONFEA, instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea).

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei nº 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Ponte Nova, 18 de Outubro de 2021
 Local data


 RAYRA BELLICO CÁRIA E COELHO - CPF:  397.616 

Município de Ponte Nova - CNPJ: 23.804.149/0001-29

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78**

Registrada em: **15/10/2021**

Valor pago: **R\$ 88,78**

Nosso Número: **8596031610**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: zBZAB
 Impresso em: 19/10/2021 às 08:49:45 por: , ip: 45.229.13.12





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20220906865

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

ADONAI GOMES FINEZA

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **1404009272**

Registro: **MG0000094683D MG**

Empresa contratada: **BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA LTDA**

Registro: **26916-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA**

CPF/CNPJ: **23.804.149/0001-29**

AVENIDA CAETANO MARINHO

Nº: **306**

Complemento:

Bairro: **CENTRO**

Cidade: **PONTE NOVA**

UF: **MG**

CEP: **35430001**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em:

Valor: **R\$ 1.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Público**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RUA CORONEL EMÍLIO MARTINS

Nº: **S/N**

Complemento: **BARRAGEM PASSA CINCO**

Bairro: **FÁTIMA**

Cidade: **PONTE NOVA**

UF: **MG**

CEP: **35430249**

Data de Início: **01/02/2022**

Previsão de término: **30/12/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **INFRAESTRUTURA**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA**

CPF/CNPJ: **23.804.149/0001-29**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
8 - Auditoria > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
40 - Estudo > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	5,00	un
80 - Projeto > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un
16 - Execução		
63 - Inspeção > OBRAS HIDRÁULICAS E RECURSOS HÍDRICOS > BARRAGENS E DIQUES > DE BARRAGENS > #5.2.1.2 - DE TERRA	1,00	un

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

INSPEÇÃO E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO TÉCNICO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM PASSA CINCO, ESTUDOS DO PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM CONTENDO VOLUME I, II E IV, ALÉM DO PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL E DAM BREAK. ESTÃO INCLUSOS AINDA A ELABORAÇÃO DO PROJETO DE REFORÇO DA BARRAGEM EM NÍVEL CONCEITUAL.

6. Declarações

- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

7. Entidade de Classe

IMEC - Instituto Mineiro de Engenharia Civil

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 91Z81
 Impresso em: 09/02/2022 às 20:41:28 por: , ip: 177.44.29.104





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20220906865

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, _____ de _____ de _____
 Local data

ADONAI GOMES RIBEIRO - CPF: █.732.426-█

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA - CNPJ: 23.804.149/0001-29

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 88,78** Registrada em: **08/02/2022** Valor pago: **R\$ 88,78** Nosso Número: **8597584360**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 91Z81
 Impresso em: 09/02/2022 às 20:41:29 por: , ip: 177.44.29.104





**PREFEITURA DE
PONTE NOVA**



RELATÓRIO TÉCNICO
ESTUDO DE “DAM BREAK”
BARRAGEM PASSA CINCO
PONTE NOVA - MG

SETEMBRO DE 2021

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVO.....	1
3	BASE DE DADOS.....	2
4	LOCALIZAÇÃO.....	2
5	ASPECTOS GERAIS	4
5.1	ASPECTOS CONSTRUTIVOS DO MACIÇO DA BARRAGEM PASSA CINCO	5
5.2	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA A JUSANTE.....	6
6	PREMISSAS.....	6
6.1	BASE DE DADOS PARA OS ESTUDOS DE <i>DAM BREAK</i>	6
7	ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	7
7.1	PLUVIOMETRIA	8
7.2	GEOMORFOLOGIA	8
8	METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE DAM BREAK.....	13
8.1	CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO DO DAM BREAK.....	13
8.1.1	<i>Ruptura das Barragens em Cascata</i>	<i>13</i>
8.2	HIDROGRAMA DE RUPTURA E PROPAGAÇÃO DA ONDA DE CHEIA.....	14
8.2.1	<i>Hidrograma de Ruptura</i>	<i>14</i>
8.2.2	<i>Propagação da Onda de Cheia</i>	<i>15</i>
8.2.3	<i>Intervalo de Tempo.....</i>	<i>15</i>
8.3	MODELAGEM HIDRODINÂMICA.....	15
8.3.1	<i>Cálculo da Brecha.....</i>	<i>15</i>
8.3.2	<i>Modelo Hidráulico</i>	<i>17</i>
9	RESULTADOS E MAPAS.....	18

9.1	ESTUDO DE HIPÓTESES DE RUPTURA.....	18
9.1.1	<i>Brecha de Ruptura do maciço</i>	18
9.1.2	<i>Hidrogramas de Ruptura</i>	19
9.1.3	<i>Coefficiente de Resistência ao Escoamento</i>	19
9.2	MAPAS	19
9.2.1	<i>Extensão da Mancha de Inundação</i>	20
9.3	ZONEAMENTO DE RISCO.....	23
10	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	24
11	REFERÊNCIAS.....	25
	ANEXOS.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).	3
Figura 4.2 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).	4
Figura 5.1 – Área de Drenagem da Barragem Passa Cinco.	5
Figura 6.1 – Curvas cota-volume do reservatório da Barragem Passa Cinco.	7
Figura 7.1 - Modelo Digital de Terreno – Barragem Passa Cinco.	9
Figura 7.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição – Barragem Passa Cinco.	10
Figura 8.1 – Reservatórios a jusante da Barragem Passa Cinco.	14
Figura 8.1 – Parâmetros de brecha típica (adaptado de Froehlich,2016).	16
Figura 9.1 – Hidrograma de Ruptura -- TR 10.000 anos.	19
Figura 9.2- MDE da área de estudo.....	21
Figura 9.3- Mapa de Inundação.....	22

1 INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta os estudos hidrológicos e hidráulicos desenvolvidos pela BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA (BARUK) para simulação da ruptura hipotética da Barragem Passa Cinco de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova localizada no município de Ponte Nova, estado do Minas Gerais.

A estrutura do reservatório denominado “Barragem Passa Cinco”, está localizada numa área rural do Município de Ponte Nova. O reservatório é constituído de água potável que é utilizado para cultura/lazer, ou seja, não é utilizado para outros fins.

No estudo que será descrito a seguir, considera-se o pior cenário, com mobilização total do volume de água armazenada.

Para este estudo foi utilizado ainda o levantamento topográfico à jusante do barramento, realizado através de cartas obtidas através do banco de dados geomorfométricos do Brasil – TOPODATA.

2 OBJETIVO

O objetivo principal desse estudo refere-se ao mapeamento das áreas possivelmente atingidas pelo rompimento hipotético da Barragem Passa Cinco, assim como a caracterização da onda de escoamento ao longo do talvegue de jusante dessa barragem. Sendo assim, os objetivos específicos consistem em:

- Caracterizar a área de estudo a jusante das estruturas, delimitada pelo limite máximo de escoamento atingido pela mancha de inundação;
- Apresentar os dados, critérios, premissas e metodologias adotadas na elaboração do estudo, em conformidade com as normas técnicas vigentes;
- Dimensionar a formação da brecha no maciço;

- Elaborar o hidrograma de ruptura proveniente da ruptura hipotética da barragem;
- Apresentar por mapas a propagação hidrodinâmica dos hidrogramas defluentes da ruptura hipotética da barragem ao longo da região a jusante, constando de cotas máximas de inundação.
- Delimitar a Zona de Auto salvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária Secundaria (ZSS).

3 BASE DE DADOS

A base de dados disponível influencia diretamente na confiabilidade dos resultados obtidos durante os estudos hidrológicos e hidráulicos, ou seja, quanto mais detalhadas forem as informações sobre as características da área do empreendimento, mais consistentes serão os resultados das simulações realizadas para o cenário proposto. Para este estudo, a base de dados constitui-se de:

- “Levantamento Batimétrico - Lagoa P5.pdf” realizado realizada pela HAC Hidroclimatologia LTDA em janeiro de 2011.

4 LOCALIZAÇÃO

A Barragem de Contenção de Água Passa Cinco está localizada no município de Ponte Nova, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 4.2 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.



Figura 4.2 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

5 ASPECTOS GERAIS

Conforme apresentado na Figura 5.1, a Barragem encontra-se a sudeste da área afetada e sua bacia de contribuição é correspondente à área de drenagem do próprio reservatório.

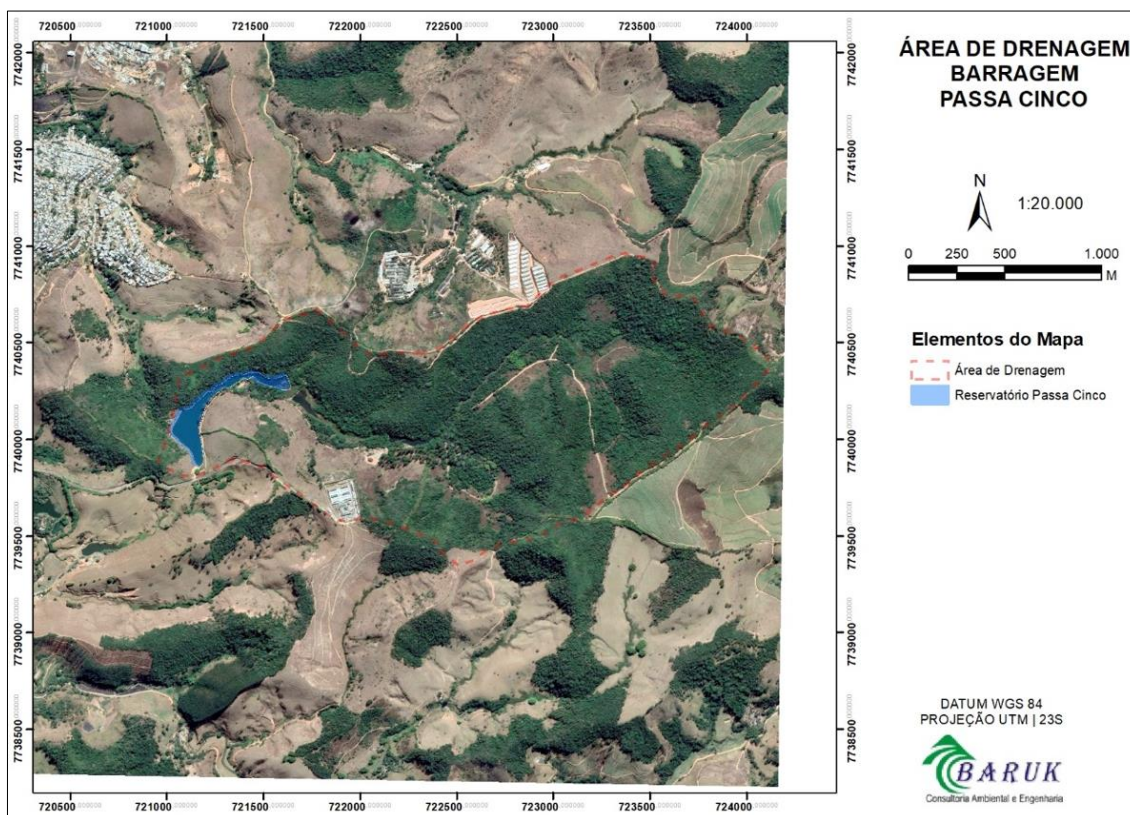


Figura 5.1 – Área de Drenagem da Barragem Passa Cinco.

5.1 ASPECTOS CONSTRUTIVOS DO MACIÇO DA BARRAGEM PASSA CINCO

A Barragem Passa Cinco não possui informação do ano de sua construção nem mesmo o projeto da sua estrutura.

O maciço possui inclinação do talude de montante de 1H:1,5V, e a de jusante igual a 1H:1,0V. O desnível entre pé da barragem e crista é aproximadamente a 9,0m e, crista apresentava largura aproximadamente de igual à 9,0m. O sistema de drenagem interna não foi identificado.

A estrutura extravasora de operação é composta por tipo soleira livre em terreno natural, com seção sem geometria definida implantada sob a barragem. A soleira do extravasor está implantada na El. 478,0m e a crista na EL. 479,0 m.

5.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA A JUSANTE

A área a jusante é formada por área com vegetação nativa, área descaracterizada e mais a jusante há presença de áreas rurais com estradas vicinais e posteriormente a área urbana do município de Ponte Nova – MG.

Quanto à hidrografia a jusante do barramento, considerada como área de impacto, destaca-se os córregos locais. Apesar disso, a região em questão apresenta curvas de nível acentuadas, ocupadas por população rural e posteriormente a população urbana.

6 PREMISSAS

O estudo de Dam Break aqui apresentado será embasado, no que tange a propagação da onda provocada pela ruptura da Barragem Passa Cinco, na condição mais crítica, ou seja, aquela que apresentar maior dano potencial à jusante da barragem, caracterizada pelas maiores profundidades.

Adotou-se como critério de parada a altura no nível d'água inferior a 0,60m, conforme critérios internacionais.

6.1 BASE DE DADOS PARA OS ESTUDOS DE *DAM BREAK*

Serão consideradas para os Estudos de Ruptura hipotética para a Barragem Passa Cinco, as características do barramento e reservatório até a cota de elevação 477,0 m., apresentados de forma resumida na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Ficha Técnica da Barragem Passa Cinco

CARACTERÍSTICAS	
Elevação da Crista	479,0 m
Elevação do Pé da barragem	470,0 m
Altura Máxima do barramento	9,0 m
Comprimento da Crista	70,0 m
Largura da Crista	9,0 m
Inclinação do talude de montante	1H:1,5V

Os dados referentes a essa estrutura para essa situação foram obtidos conforme levantamentos topográficos elaborado pela BARUK em maio de 2021:

- BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO.dwg.

Na Figura 6.1, a seguir, é apresentada a curva cota - volume do reservatório da Barragem Passa Cinco.

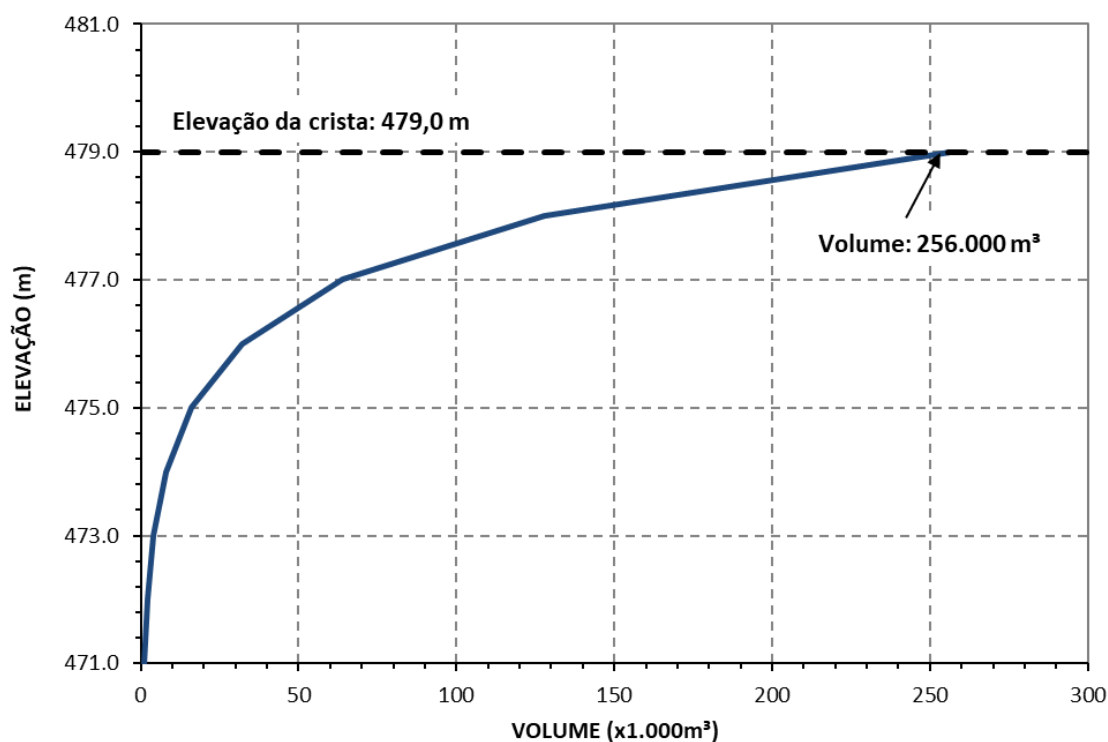


Figura 6.1 – Curvas cota-volume do reservatório da Barragem Passa Cinco.

7 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Neste tópico são abordados os conceitos envolvidos e a metodologia aplicada nas simulações hidrológicas objetivando a caracterização da estrutura em análise e sua respectiva bacia hidrográfica de contribuição.

7.1 PLUVIOMETRIA

Para estabelecer o regime de chuvas na região da Barragem Passa Cinco, foram considerados os dados de monitoramento pluviométrico da Estação Usina Brecha (02043025), disponibilizados no HidroWEB. A Tabela 7.1 apresenta os quantis de chuva calculados a partir dos dados coletados da referida estação.

Tabela 7.1 - Quantis pontuais de chuva – Estação Usina Brecha (02043025)

Duração	Tempo de Retardo (TR – anos)								
	2	5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
5 min	14.7	18.5	20.9	24.0	26.3	28.6	33.9	36.2	43.7
10 min	26.5	33.2	37.6	43.2	47.4	51.5	61.0	65.1	78.7
15 min	36.1	45.2	51.2	58.8	64.5	70.1	83.1	88.6	107.1
20 min	44.0	55.1	62.5	71.8	78.6	85.5	101.3	108.1	130.6
30 min	56.2	70.4	79.8	91.7	100.5	109.2	129.4	138.1	166.9
1 h	77.0	96.4	109.3	125.6	137.6	149.6	177.2	189.1	228.6
2 h	92.3	115.6	131.0	150.5	165.0	179.3	212.4	226.7	274.0
4 h	99.1	124.1	140.7	161.6	177.1	192.5	228.1	243.4	294.2
6 h	99.6	124.7	141.3	162.3	177.9	193.4	229.1	244.5	295.5
8 h	98.7	123.6	140.0	160.9	176.3	191.6	227.1	242.3	292.9
10 h	97.5	122.0	138.3	158.9	174.2	189.3	224.3	239.3	289.3
12 h	96.2	120.5	136.5	156.9	171.9	186.9	221.4	236.3	285.6
14 h	95.0	119.0	134.8	154.9	169.8	184.5	218.6	233.3	282.0
18 h	92.8	116.2	131.7	151.3	165.8	180.2	213.6	227.9	275.5
24 h	90.0	112.7	127.8	146.8	160.9	174.9	207.2	221.1	267.2

7.2 GEOMORFOLOGIA

Para definição das características geomorfológicas da bacia de contribuição da Barragem Passa Cinco foram utilizadas imagens de satélite disponibilizadas pelo banco de dados geomorfométricos do Brasil – TOPODATA.

A Figura 7.1 apresenta a imagem do modelo digital de terreno da Barragem Passa Cinco e na Figura 7.2 o mapa de uso e ocupação do solo na área das bacias de contribuição da estrutura.

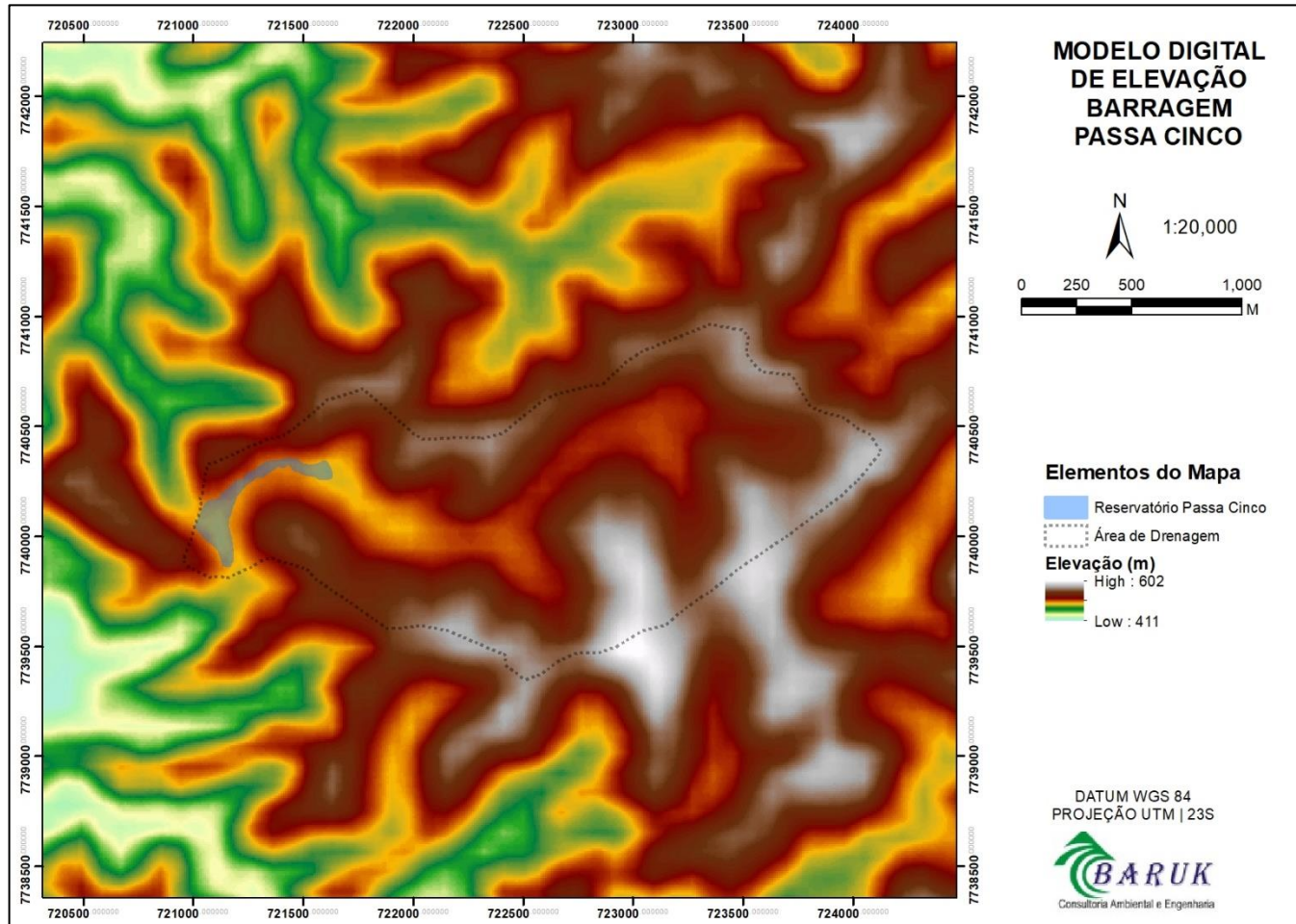


Figura 7.1 - Modelo Digital de Terreno – Barragem Passa Cinco.

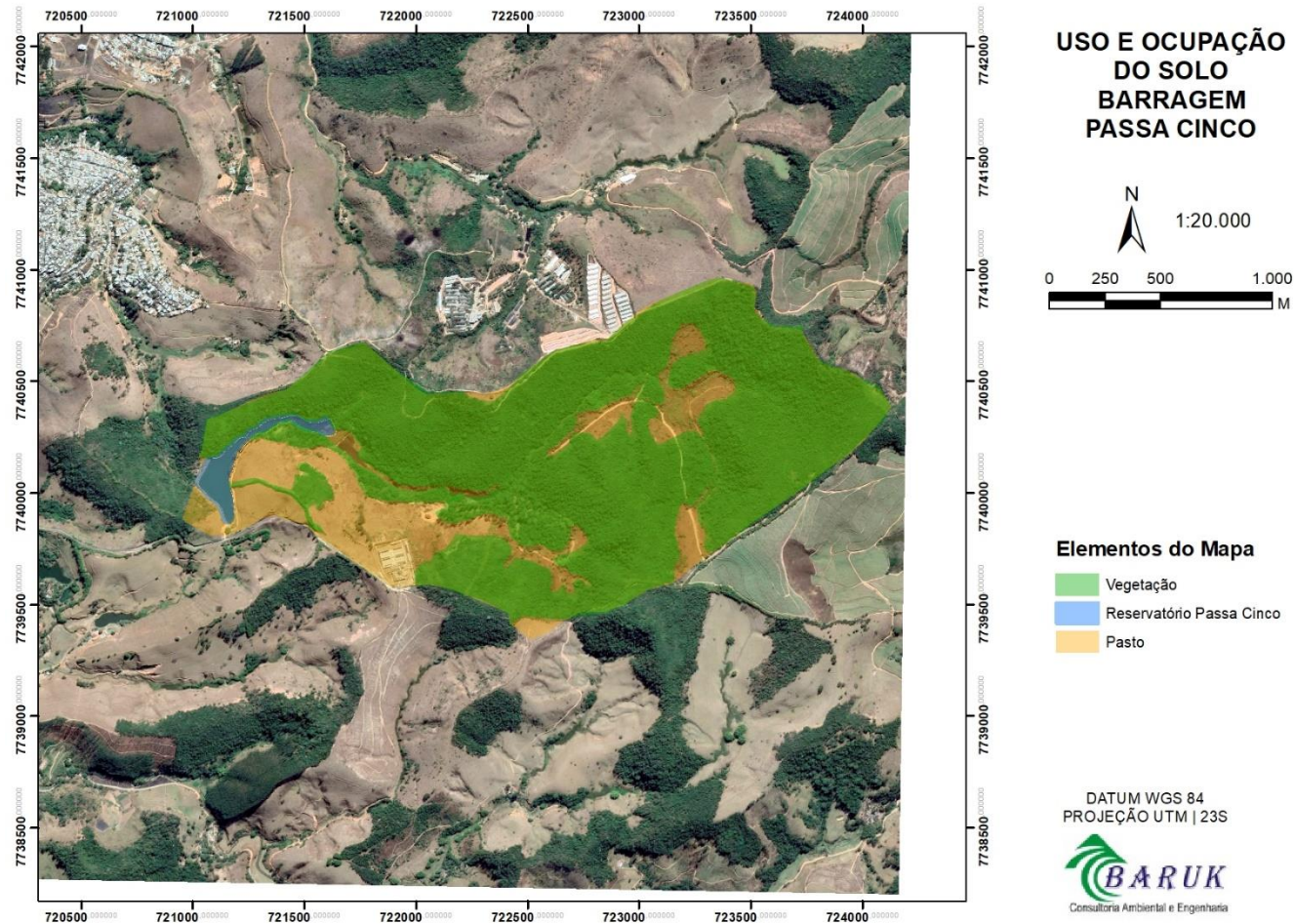


Figura 7.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição – Barragem Passa Cinco.

As características geomorfológicas definidas foram utilizadas para a adequada determinação dos parâmetros do modelo SCS (Soil Conservation Service), definidos como:

- Tempo de concentração (t_c): o tempo de concentração foi definido pela Fórmula empírica de Kirpich.

$$t_c = 0,39 \cdot \left(\frac{L^2}{S_e} \right)^{0,385} \quad \text{Equação 7.1}$$

Onde:

T_c : tempo de concentração (horas)

L : comprimento axial (km);

S_e : declividade média em (%).

A Tabela 7.2 apresenta os parâmetros de definição e o tempo de concentração.

Tabela 7.2 - Tempo de concentração da bacia de contribuição - Barragem Passa Cinco

Tempo de Concentração		
Comprimento (m)	Declividade média (m/m)	t_c (min)
3.536	0,0288	41,18

- CN ponderado: denota o Número da Curva o Índice do método SCS-CN, para a geração dos hietogramas efetivos a partir da precipitação total. Depende do uso e ocupação do solo na área da bacia e foi determinado para a condição média de umidade antecedente (CN-II), considerando a capacidade de infiltração do solo tipo C, por se tratar de uma aproximação dos tipos de uso do solo presentes na bacia.

- Tabela 7.3 apresenta os parâmetros utilizados para a definição do CN.

Tabela 7.3 - Parâmetros utilizados no cálculo do CN ponderado

Uso e ocupação do solo	Condição de umidade antecedente do solo	Tipo de Solo	CN	Barragem Passa Cinco	
				Área (km ²)	Área (%)
Florestas Densas	II	C	73	2,067	74,88%
Pasto sem cura de nível	II	C	74	0,643	23,29%
Região de lago	II	C	100	0,050	1,83%
CN ponderado	II	C	73,73	2,760	100

• Lagtime: refere-se ao tempo de retardo, estimado em (3/5) do valor de t_c por recomendação da metodologia SCS-CN para a transformação chuva-vazão. Conceitualmente, este parâmetro representa o intervalo de tempo existente entre o centro de massa de um hietograma e a vazão de pico do hidrograma correspondente. Os dados utilizados nesse estudo referentes ao lag-time são apresentados na Tabela 7.4.

Tabela 7.4 - Estimativa de lag-time - Barragem Passa Cinco

<i>Lag-time</i>		
L (m)	t_c (min)	lag-time (min)
3.536	41,18	24,71

• Abstrações Iniciais (I_a): o valor é obtido através de uma relação com o valor de CN e representa aproximadamente 20% da capacidade máxima de infiltração da água no solo. Corresponde, portanto, à precipitação antecedente ao escoamento superficial, sendo descrita pela Equação 7.2 (TUCCI, 2015, página 417).

$$I_a = 0,2 \cdot \left(\frac{25.400}{CN} - 254 \right) \quad \text{Equação 7.2}$$

I_a = abstrações iniciais (mm);

CN = denota o número da curva.

Tabela 7.5 - Estimativa de abstrações iniciais

Abstrações iniciais		
Área (km ²)	CN	I_a (mm)
2,76	74	17,85

8 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE DAM BREAK

Para a modelagem hidrológica da ruptura do barramento da Barragem Passa Cinco foram utilizados os softwares HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), versão 4.8 e o software HEC-RAS (River Analysis System), versão 6.0, ambos elaborados pelo Hydrologic Engineering Center do US Army Corps of Engineers (USACE).

8.1 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO DO DAM BREAK

Para a avaliação dos efeitos da onda de cheia formada pela ruptura hipotética da Barragem Passa Cinco, foi considerada a ruptura hipotética, associada a um evento de precipitação com TR = 10.000 anos.

A definição da hipótese de ruptura a ser adotada refere-se a cheia associada a uma chuva com TR 10.000 anos pelo reservatório. Caso ocorra o galgamento, a mesma é avaliada por essa hipótese, em caso negativo é realizado o estudo de rompimento pela hipótese de ocorrência de piping no maciço.

8.1.1 RUPTURA DAS BARRAGENS EM CASCATA

Uma das hipóteses analisadas nesse estudo é a ruptura de barragens em cascata no córrego Passa Cinco. Neste caso, a ruptura de uma barragem a montante (por Piping ou por overtopping) pode produzir as rupturas sucessivas das barragens situadas a jusante, por galgamento, se elas não tiverem condições de verter a totalidade do hidrograma. Na Figura 8.1 são apresentadas as barragens a montante da barragem Passa Cinco (barragem 1 da figura).

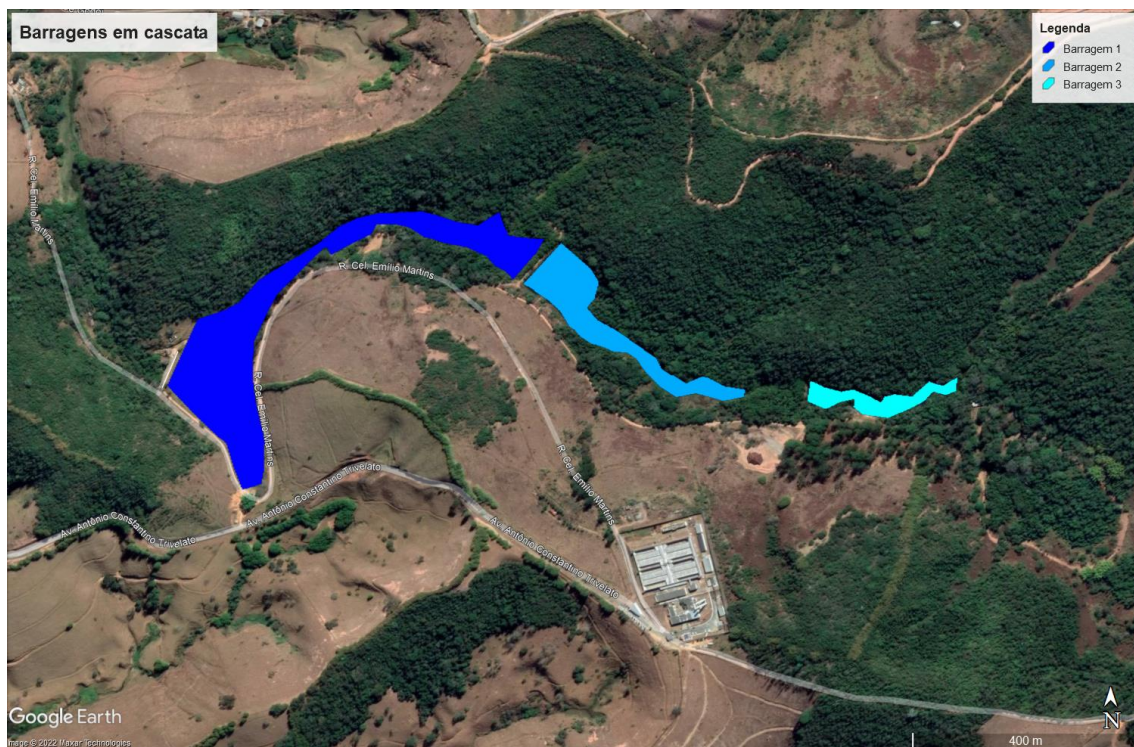


Figura 8.1 – Reservatórios a jusante da Barragem Passa Cinco.

Após realização do estudo de possibilidade do rompimento em cascata da barragem de Passa Cinco, no caso do rompimento das duas barragens, em ambos os casos não ocorre galgamento da Barragem Passa Cinco, portanto, não há ruptura em cascata dessa barragem.

8.2 HIDROGRAMA DE RUPTURA E PROPAGAÇÃO DA ONDA DE CHEIA

8.2.1 HIDROGRAMA DE RUPTURA

Para a elaboração do hidrograma de ruptura da estrutura foi utilizado o software HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), versão 4.8, conforme sua respectiva metodologia específica. Partindo-se do modelo hidrológico já elaborado, sem considerações de ruptura, são então realizadas as seguintes etapas:

- Estimativa dos parâmetros das brechas: Análise de sensibilidade dos resultados obtidos a partir da aplicação das equações de previsão apresentadas por Froehlich (2016);
- Modelagem do desenvolvimento das brechas de ruptura, conforme Módulo Dam Break inserido no software HEC-HMS.

8.2.2 PROPAGAÇÃO DA ONDA DE CHEIA

A propagação da onda de ruptura foi realizada a partir da utilização do software HEC-RAS 6.0, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers). O modelo hidrodinâmico criado foi do tipo bidimensional (2D), simulando o escoamento de fluidos newtonianos (água).

8.2.3 INTERVALO DE TEMPO

A definição do intervalo de tempo de uma simulação determina a acurácia do resultado, estabilidade e seu tempo de duração. Para definir o intervalo que atenda a simulação, aplica-se a condição de Courant. Esta condição consiste em uma relação entre a distância, velocidade e o intervalo aplicado, onde se o resultado for ≤ 1 o intervalo escolhido atende a condição. Assim, foi adotado o intervalo computacional de 1 segundo baseado nesta condição.

8.3 MODELAGEM HIDRODINÂMICA

8.3.1 CÁLCULO DA BRECHA

De acordo com Froehlich (1995), na ocorrência de uma ruptura de barragem de terra, a forma final mais frequente das brechas resultantes da ocorrência de *piping* ou galgamento é a trapezoidal. Chauhan *et al.* (2004) ressaltam que o tamanho e o tempo de formação da brecha dependem da forma e do tipo de barragem, da topografia do local de implantação, das características de fundação, das propriedades do material de construção utilizado na obra, da carga existente no reservatório e do volume armazenado no momento

da ruptura, o que explica as dificuldades de previsão da forma e das dimensões da brecha no decorrer da ruptura.

Neste estudo, utilizaremos o modelo paramétrico proposto por Froehlich (2016) durante estudo de geometria de brechas baseado na análise de 111 casos históricos de ruptura de barragem. A Figura 8.2, a seguir, apresenta os principais parâmetros envolvidos na definição da formação da brecha.

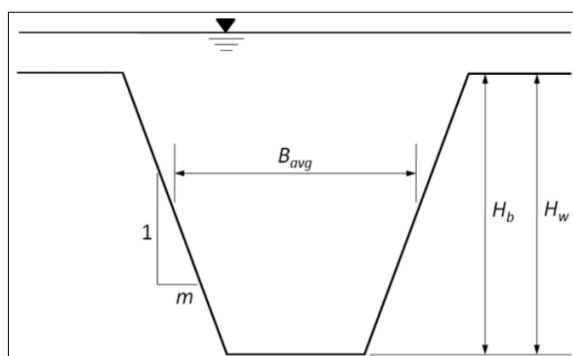


Figura 8.2 – Parâmetros de brecha típica (adaptado de Froehlich,2016).

A metodologia considera como a altura de formação de brecha, a diferença entre a elevação da crista da barragem e o ponto de menor elevação correspondente ao ponto inferior no paramento de jusante do barramento.

A definição da largura e do tempo de formação da brecha foi feita utilizando-se a equação de Froehlich (2016), conforme mostrado na Tabela 8.1.

Tabela 8.1 – Equação de brecha adotada

REFERÊNCIA	PARÂMETROS DA BRECHA		
	Largura média da brecha B_{avg} (m)	Inclinação do talude lateral – m (m/m)	Tempo de formação da brecha - t_f (s)
Froehlich (2016)	$0,27k_oV_w^{1/3}$	1,0 – Overtopping / 0,7 - Piping	$60,0 \times (V_w/gHb^2)^{1/2}$

Os parâmetros apresentados acima referem-se a:

m Coeficiente de declividade lateral (1,0 para galgamento; 0,7 para piping);

k_o Fator de modo de falha (1,5 para galgamento; 1,0 para piping);

- V_w Volume do reservatório no momento da ruptura (m^3);
- g Gravidade (m/s^2);
- H_b Altura da brecha (m);
- H_w Altura da lâmina de água no momento da ruptura (m).
- B_{avg} Largura média da brecha (m);
- H_w Altura da lâmina de água no momento da ruptura (m).

8.3.2 MODELO HIDRÁULICO

Para a modelagem hidráulica de simulação da propagação da onda de ruptura foi utilizado o modelo desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center do U.S. Army Corps of Engineers (USACE, 2010) para a simulação do escoamento em regimes não-permanentes.

A delimitação da área 2D utilizada no modelo hidráulico foi realizada no terreno de maneira a representarem o fluxo da onda de cheia proveniente da ruptura hipotética. O tamanho da área foi ajustado segundo a abrangência da área molhada, que por sua vez condiciona-se à geomorfologia da região.

A condição de contorno de montante foi definida pelas ordenadas do hidrograma efluente do modelo paramétrico de brecha, representando o hidrograma de ruptura da barragem. Na extremidade de jusante, assumiu-se a condição de contorno referente à profundidade normal de escoamento.

9 RESULTADOS E MAPAS

9.1 ESTUDO DE HIPÓTESES DE RUPTURA

Para a análise de ruptura hipotética considerou-se a ocorrência de uma vazão afluyente à estrutura superior à sua capacidade de extravasamento, e consequente uma elevação do nível da água no reservatório superior a crista do maciço, levando ao seu galgamento, que pode assim culminar na formação da brecha e colapso da estrutura.

Esta alternativa foi considerada visto que o sistema de extravasor da estrutura não apresenta capacidade de conduzir a vazão efluente resultante de um evento pluviométrico intenso associado ao período de retorno de 10.000 anos.

9.1.1 BRECHA DE RUPTURA DO MACIÇO

A Tabela 9.1 apresenta os parâmetros de formação de brecha para o maciço da Barragem Passa Cinco, obtidos conforme Froehlich (2016).

Tabela 9.1 – Parâmetros para o modo de falha por Overtopping - TR 10.000 anos

PARÂMETROS	BARRAGEM PASSA CINCO
Elevação mínima da crista (m):	479
Elevação soleira do extravasor (m):	477
Elevação da fundação no eixo da barragem (m):	470
Altura aproximada da barragem (m):	9,0
Volume aproximado acumulado (m ³):	156.930
Fator de modo de falha - Ko:	1,3
Inclinação lateral (Z):	1,0
Tempo de Formação da Brecha (h):	0,246
Largura média da brecha (m):	17,60
Largura mínima da brecha (m):	8,60
Modo de falha:	<i>Overtopping</i>

9.1.2 HIDROGRAMAS DE RUPTURA

De posse do volume a serem propagados construiu-se então o hidrograma referente a esse volume conforme Figura 9.1. É mostrado o hidrograma de chegada de vazões afluente ao reservatório, ocasionado pelo rompimento da estrutura analisada.

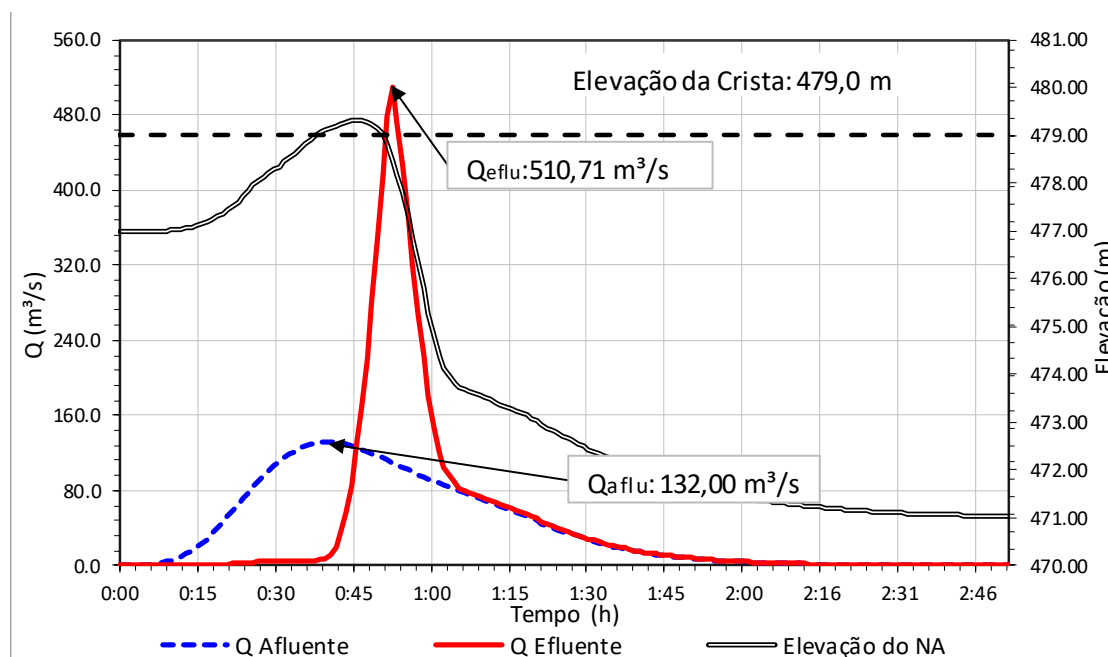


Figura 9.1 – Hidrograma de Ruptura – TR 10.000 anos.

9.1.3 COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA AO ESCOAMENTO

A resistência ao escoamento, representada pela rugosidade da superfície do terreno é incorporada no modelo matemático por meio da definição do coeficiente de rugosidade de Manning. Para a simulação adotou-se o valor de 0,06.

9.2 MAPAS

O mapeamento dos resultados obtidos pela propagação da onda de cheia a jusante da estrutura, são apresentados para limites da mancha de inundação e profundidades.

9.2.1 EXTENSÃO DA MANCHA DE INUNDAÇÃO

O primeiro mapa desenvolvido para o estudo de *Dam Break* da estrutura foi o mapa geral de inundação, buscando o ponto máximo de chegada da onda de inundação causada pelo rompimento dessa estrutura.

O MDE (modelo digital de elevação) definido a partir do aerolevanteamento (SRTM - TOPODATA) é mostrada na Figura 9.2 a seguir.

A análise da propagação do hidrograma foi realizada através do monitoramento realizado por seções de controle inseridas no modelo hidráulico ao longo do talvegue. O objetivo é verificar ao longo dessas seções o ponto da fronteira de jusante do modelo hidrodinâmico.

Na Figura 9.3 é apresentada a mancha de inundação gerada pela simulação de ruptura hipotética do barramento do mesmo. A onda gerada pela ruptura do maciço, percorre cerca de 2824 m pelo vale a jusante da barragem.

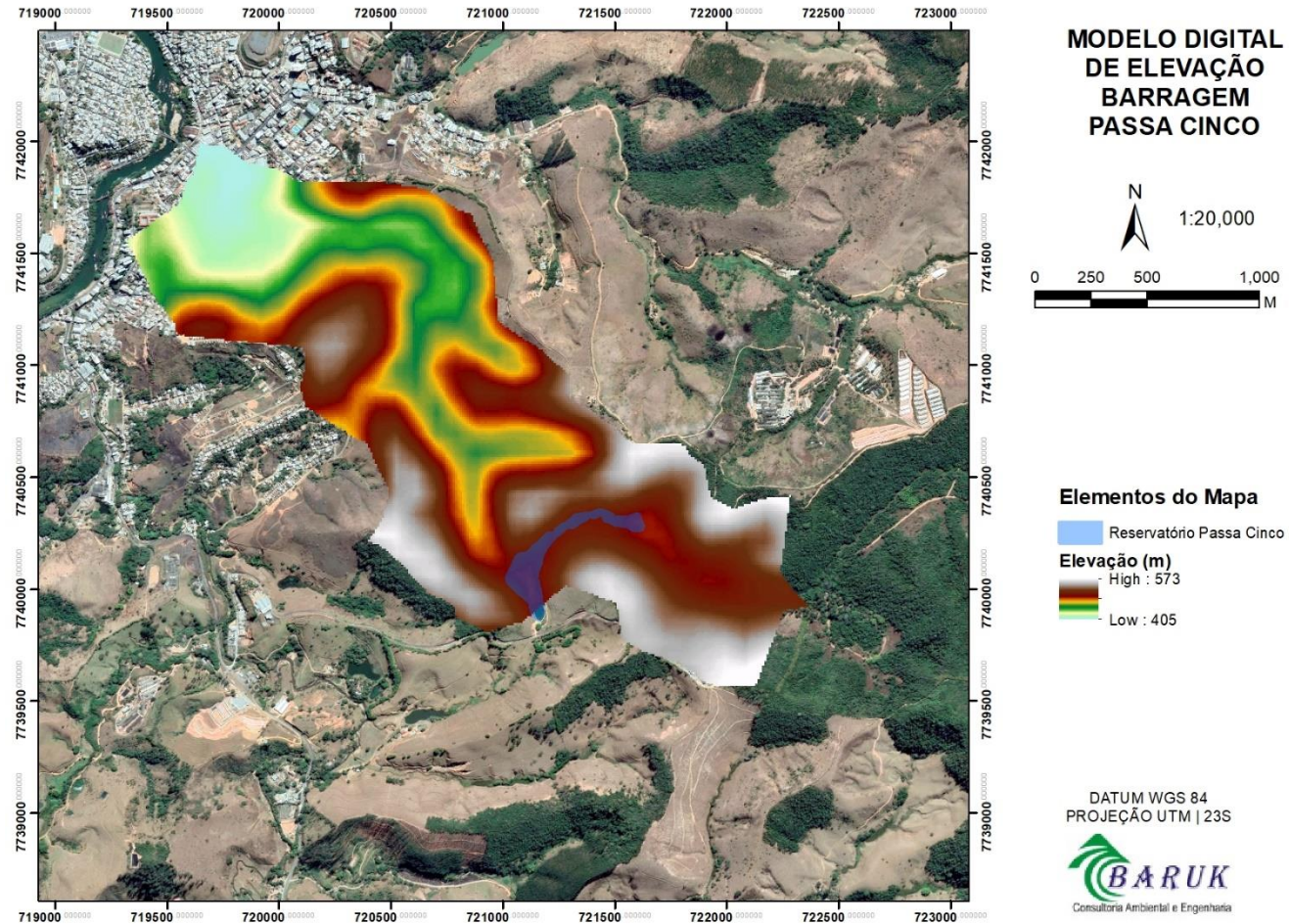


Figura 9.2- MDE da área de estudo

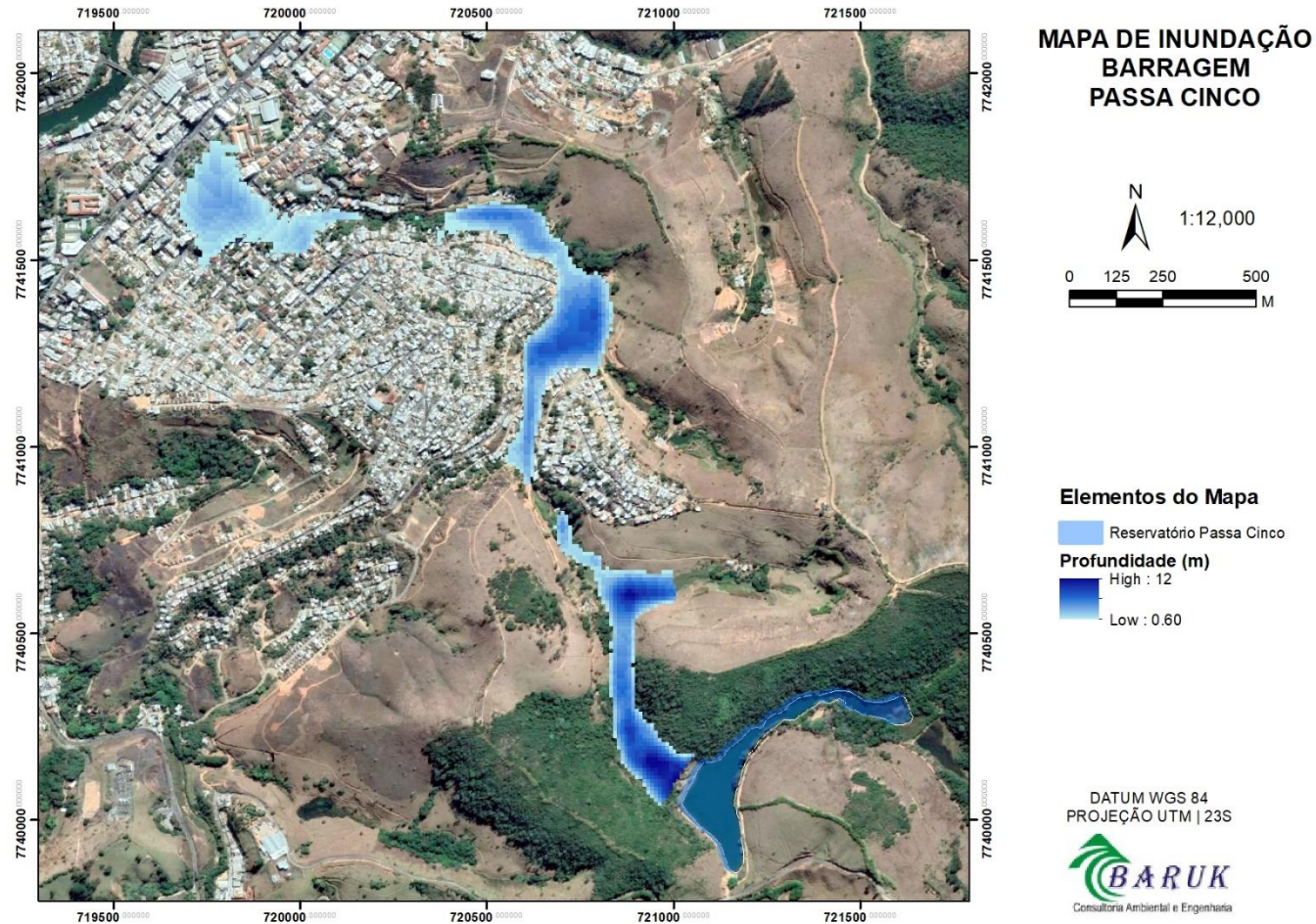


Figura 9.3- Mapa de Inundação

9.3 ZONEAMENTO DE RISCO

Os mapas a seguir são complementados com o zoneamento de risco, que prioriza as zonas de evacuação e intervenção da Prefeitura Municipal de Ponte Nova e proteção civil de acordo com os riscos provocados pela cheia induzida na área de inundação.

O zoneamento de risco é realizado com base na distância de chegada da frente de onda de ruptura. Desta forma, consideraram-se as seguintes:

- Zona de Autossalvamento - ZAS: distância referente a 30 min ou 10 km, o que for maior. Corresponde à área em que se considera não existir tempo para alertar as autoridades de governo e o aviso da população deve ser desencadeado pela Prefeitura de Ponte Nova a partir da barragem;
- Zona de Segurança Secundária – ZSS: região constante do mapa de inundação, não definida como ZAS.

Para o caso do vale à jusante da Barragem Passa Cinco, a Zona de Autossalvamento (ZAS), que inclui a área de inundação localizada entre a barragem e a seção do vale com tempo de chegada de onda menor que 30 minutos encontrada ficou bastante reduzida, menor que 1 Km. Assim, essa área (ZAS) foi redefinida que toda a mancha será a ZAS.

10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos foram desenvolvidos com o objetivo de mapear as áreas possivelmente afetadas na eventual ruptura da Barragem Passa Cinco.

De acordo com as análises realizadas, foi adotada a hipótese de galgamento como ruptura da referida estrutura, considerando um para um evento pluviométrico intenso associada ao TR de 10.000 anos

Os resultados numéricos devem ser interpretados com discernimento, levando em consideração as premissas adotadas, referentes a hipótese de ruptura, modelos paramétricos e base topográfica utilizada.

Estudos de ruptura de barragens são sujeitos a incertezas de vários tipos, sendo as principais associadas aos mecanismos de ruptura, à formação e evolução da brecha e à forma do hidrograma de ruptura.

Além disso, quando se trata de simular a propagação da onda de cheia, agregam-se incertezas e dificuldades relacionadas à modelagem hidráulica, relacionadas a grande variância da morfologia da bacia e das próprias formulações matemáticas envolvidas.

Na ocorrência de uma eventual falha do maciço da Barragem Passa Cinco, a onda proveniente da ruptura poderia ocasionar diversos danos a jusante, como por exemplo:

- Possíveis problemas relacionados ao abastecimento de água;
- Assoreamento dos cursos de água;
- Destruição da fauna e flora, o que acarreta diversos problemas relacionados e vida vegetal e animal do local;
- Possíveis interrupções e/ou danos em rodovias e acessos locais;

Finalmente, o presente estudo buscou utilizar metodologias vigentes no intuito de apresentar, baseado em hipóteses, os possíveis impactos causados pela mancha de inundação em um eventual caso de ruptura da Barragem Passa Cinco.

D.Sc. Adonal Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

11 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.028: Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeito, contenção de sedimentos e reservação de água. Rio de Janeiro, outubro de 2006;

CHAUHAN SS, BOWLES DS, ANDERSON LR. Do current breach parameter estimation techniques provide reasonable estimates for use in breach modeling? *Dam Safety 2004, Proceedings ASDSO 2004 Annual Conference*. 26–30, setembro/2004. Phoenix (CD-Rom). Association of State Dam Safety Officials, Lexington. 2004.

CHOW, V.T. *Open-channel hydraulics*: New York, McGraw-Hill, 680 p, 1959.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. Portaria Nº 70.389, de 17 de maio de 2017. Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração;

FROEHLICH, D. C. Peak Outflow from Breached Embankment Dam. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 1995.

FROEHLICH, D. C. Empirical Model of Embankment Dam Breaching. International Conference on Fluvial Hydraulics, 2016 River Flow. 2016.

PINHEIRO; M. C. Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração. ABRH. Porto Alegre, 2011. 308 p.

PORTO; R. de M. Hidráulica Básica. Publicação EESC – USP São Carlos. São Paulo, 2006. 540 p.

RICO, M.; BENITO, G.; DÍEZ-HERRERO, Floods from tailings dam failures. *Journal of Hazardous Materials*, v. 154, p. 79-87, 2008.

USACE - U.S. Army Corps of Engineers. HEC-HMS – Hydrologic Modeling System – User’s Manual. Version 4.2. August 2016.

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART



PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DA BARRAGEM PASSA CINCO

PAE – BARRAGEM PASSA CINCO

Empreendedor: Prefeitura Municipal de Ponte Nova

**Endereço: Avenida Caetano Marinho n° 306, Centro,
Ponte Nova, MG – Brasil - Cep: 35.430-001**

Telefone: (31) 3891-5454

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVO.....	1
3	SEÇÃO I – INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM DE CONTENÇÃO DE ÁGUA PASSA CINCO.....	2
3.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	2
3.2	FICHA TÉCNICA.....	4
4	SEÇÃO II – PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA.....	5
4.1	PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS.....	5
4.2	PROCEDIMENTOS CORRETIVOS.....	6
5	SEÇÃO III – DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA.....	8
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA.....	8
5.1.1	<i>Nível 1 – detecção de anomalias que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos referente ao quadro de estado de conservação de acordo com o anexo i da resolução cnrh n°143.....</i>	<i>8</i>
5.1.2	<i>Nível 2 – situação das anomalias detectadas no nível 1, quando “não extinto” ou em evolução</i>	<i>9</i>
5.1.3	<i>Nível 3 – situação potencial de ruptura iminente ou está ocorrendo</i>	<i>9</i>
5.2	CLASSIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA.....	9
5.3	AÇÕES ESPERADAS E FLUXOS DE NOTIFICAÇÃO.....	10
6	SEÇÃO IV – FLUXOGRAMA E PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO EMERGENCIAL.....	12
6.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	12

6.1.1	grupo de ações coordenadas – grac.....	14
6.2	FASE DE PLANEJAMENTO, PREPARAÇÃO E PREVENÇÃO – FASE 1	17
6.3	FASE DE RESPOSTA – FASE 2.....	18
6.4	FASE DE RECONSTRUÇÃO – FASE 3.....	20
6.5	FLUXOGRAMA DE DESENCADEAMENTO DE AÇÕES	24
7	SEÇÃO V – RESPONSABILIDADE GERAIS NO PAE.....	25
7.1	RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR	25
7.2	RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE.....	26
7.3	RESPONSABILIDADES DO ENCARREGADO DA BARRAGEM.....	27
7.4	ATRIBUIÇÕES DOS MEMBROS DO GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS.....	27
8	SEÇÃO VI – RESULTADOS DO ESTUDO DE ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM E MAPA DE INUNDAÇÃO.....	34
8.1	ZONA DE AUTO-SALVAMENTO.....	34
8.2	DELIMITAÇÃO DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO	35
8.3	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIALMENTE ATINGIDAS PELA MANCHA DE INUNDAÇÃO.....	35
9	AUDITORIAS	36
10	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	37
ANEXOS.....		38
	ANEXO A – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART	38
	ANEXO B – ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA – MAPA DE INUNDAÇÃO – RUPTURA DA BARRAGEM PASSA CINCO (BARUK).....	39
APÊNDICES.....		40
	APÊNDICE A - FICHAS DE EMERGÊNCIA	40

APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO.....	84
APÊNDICE C – PLANO DE TREINAMENTO.....	85
APÊNDICE D – MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS	87
APÊNDICE E – FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA	88
APÊNDICE F – FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA	89
APÊNDICE G – FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO	89
APÊNDICE H – FORMULÁRIO DE CONTROLE DE ATUALIZAÇÃO DO PAE	90
APÊNDICE I – RELAÇÃO DAS AUTOTRIDADES PÚBLICAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE E OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS.....	91
APÊNDICE J – RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA	92
APÊNDICE K – LISTA DE CONTATOS	98
APÊNDICE L – CRONOGRAMA	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).	3
Figura 3.2 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).	4
Figura 5.1 - Fluxograma de notificação por nível de segurança risco.	12
Figura 6.1 - Desencadeamento de ações de gestão do PAE – Fases 1,2 e 3.....	24

1 INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o relatório do Plano de Ações Emergenciais (PAE) da Barragem Passa Cinco, localizada no município de Ponte Nova, no Estado de Minas Gerais.

Os estudos do Plano de Ações Emergenciais são complementados pelo estudo de ruptura hipotética da Barragem Passa Cinco (Dam Break), desenvolvido pela BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA ver documento no ANEXO A.

Dessa forma, em atendimento aos quesitos da Lei 12.334/2010 e seus respectivos instrumentos, o PAE corresponde a uma ferramenta de auxílio à gestão de risco e segurança da barragem e deve ser aplicado independentemente da condição de estabilidade do maciço.

O PAE, elaborado pela BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA, apresenta as ações emergenciais requeridas para os efeitos decorrentes de situações adversas que afetem a segurança da Barragem Passa Cinco e possam causar danos à sua integridade estrutural e operacional, à preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente.

2 OBJETIVO

O principal objetivo do PAE é o de evitar (quando possível) e mitigar os danos provocados por uma eventual ruptura da barragem.

Para tanto, o PAE estabelece uma organização prévia para que as ações emergenciais sejam adequadas e prontamente acionadas em caso de ocorrências de situações de emergência.

O PAE é um documento formal, no qual são identificadas as condições de emergência que possam colocar em risco a integridade da barragem e que requerem ações imediatas. Nele são estabelecidas as ações a serem executadas nesses casos e são definidos os agentes a serem notificados de tais ocorrências, com o objetivo de minimizar

danos às propriedades, ao meio ambiente e comunidades à jusante, assim como perdas de vida.

Por meio da implantação do PAE, a equipe da Prefeitura Municipal de Ponte Nova conquistará condições de identificar situações adversas que exponham a Barragem Passa Cinco aos riscos de falha estabelecendo meios para:

- Identificação e análise das possíveis situações de emergência;
- Procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;
- Procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação;
- Estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência;
- Mediante apoio de organizações e instituições presentes na região, com destaque para aquelas do município de Ponte Nova, promover o desencadeamento de ações de evacuação, de prestação de socorro e assistência às populações afetadas, proteção de propriedades e a busca pela minimização dos impactos ambientais.

3 SEÇÃO I – INFORMAÇÕES GERAIS DA BARRAGEM DE CONTENÇÃO DE ÁGUA PASSA CINCO

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Barragem de Contenção de Água Passa Cinco está localizada no município de Ponte Nova, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 3.2 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.



Figura 3.2 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

3.2 FICHA TÉCNICA

A Barragem Passa Cinco não possui informação do ano de sua construção nem mesmo o projeto da sua estrutura.

O maciço possui inclinação do talude de montante de 1H:1,5V, e a de jusante igual a 1H:1,0V. O desnível entre pé da barragem e crista é aproximadamente a 9,0m e, crista apresentava largura aproximadamente de igual à 9,0m. O sistema de drenagem interna não foi identificado.

A estrutura extravasora de operação é composta por tipo soleira livre em terreno natural, com seção sem geometria definida implantada sob a barragem. A soleira do extravasor está implantada na El. 478,0m e a crista na EL. 479,0 m.

O sistema extravasor não se tem o conhecimento sobre seu dimensionamento, deste modo o mesmo deve ser redimensionado para o atendimento a ABNT NBR 13.028(2017).

A instrumentação é inexistente na estrutura, ou seja, deverá ser realizado o estudo de adequação para a proposição de instrumentos para o monitoramento da barragem.

A Tabela 3.1 apresenta as características técnicas do projeto e construção da Barragem Passa Cinco.

Tabela 3.1 - Ficha Técnica da Barragem Passa Cinco

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
DADOS GERAIS	
Nome da Barragem	Barragem Passa Cinco
Finalidade	Contenção de água
Cota Atual da Crista	479,0 m
Cota Atual do Pé da barragem	470,0 m
Altura Máxima Atual	9,0 m
Comprimento Atual da Crista	70,0 m
Elevação do Reservatório	476,0 m
Volume do Reservatório	156.930 m ³
Tipo de Seção	Homogênea
Drenagem Interna	Inexistente
Instrumentação	Inexistente
HIDROLOGIA / HIDRÁULICA	
Área da Bacia	2,76 km ²
Tempo de Concentração	41,18 min
Precipitação de Projeto	234,40 mm
NA Máximo Operacional	478,0 m
NA Máximo Maximorum	478,5 m
ESTRUTURA VERTENTES	
Vertedouro	Extravasador operacional do tipo soleira livre

4 SEÇÃO II – PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

4.1 PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS

Considerando a análise visual da Barragem Passa Cinco e o contínuo monitoramento a ser executado pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova, em conformidade com rigorosos critérios de engenharia, é razoável concluir que o maciço da barragem, mesmo que apresente falhas, não irá romper de forma inesperada. Todavia, é necessário o acompanhamento do comportamento da estrutura para verificação de indícios de problemas e apontamentos para providências técnicas a serem tomadas.

Desta forma, o próprio Manual de Operação da barragem deverá fornecer subsídios para a realização de trabalhos preventivos, tendo como objetivo a avaliação e a redução dos riscos estruturais, operacionais e ambientais, com destaque para:

- Vistoria e fiscalização do barramento e do sistema extravasador e de drenagem;
- Manutenção preventiva do barramento e do sistema extravasador e de drenagem;

- Monitoramento das estabilidades do maciço da barragem;
- Monitoramento dos níveis e geometria de assoreamento da barragem (batimetria);
- Monitoramento pluviométrico;
- Monitoramento do volume mínimo para laminação de cheia do reservatório.

Estas ações são de responsabilidade da própria Prefeitura Municipal de Ponte Nova, que disponibilizará as informações sempre que solicitada.

Importa ressaltar que o próprio Plano de Segurança da Barragem, com todos os seus procedimentos e informações constitui a principal ferramenta de prevenção de falhas na estrutura.

4.2 PROCEDIMENTOS CORRETIVOS

Em consonância com os seus objetivos, o PAE deve prever ações corretivas com o intuito de evitar a ruptura do maciço quando identificadas situações adversas.

Estas situações de emergência podem ser caracterizadas a partir de anomalias identificadas na estrutura da barragem, especificamente, nos taludes de montante, taludes de jusante, crista, infiltrações e fugas de água na barragem e vertedouro e que podem, eventualmente, contribuir para um rompimento.

Desta forma, foram elaboradas Fichas de Emergência para cada uma destas anomalias, tendo como base o Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem elaborado pelo Ministério da Integração Nacional, em 2010.

Ainda que tenha sido elencado um considerável número de anomalias, é possível que a estrutura da barragem esteja sujeita a alguma situação de emergência não prevista na lista da Tabela 4.1. Nesses casos, o responsável pela barragem, ou o coordenador do PAE deverá ser notificado para que a situação seja prontamente classificada e controlada.

Estas fichas são apresentadas no APÊNDICE A, conforme sintetizado na Tabela 4.1, a seguir.

Tabela 4.1 - Relação das fichas de emergência e respectivas anomalias.

ESTRUTURA	ANOMALIAS	FICHA DE EMERGÊNCIA
Talude de montante	Sumidouros	FETM - 01
	Rachaduras grandes	FETM - 02
	Deslizamentos, afundamentos ou escorregamentos	FETM - 03
	Taludes íngremes e bancadas de escavação	FETM - 04
	Rachaduras devido ao ressecamento	FETM - 05
Talude de jusante	Deslizamento / encharcamento	FETJ - 01
	Rachaduras transversais	FETJ - 02
	Desabamento/colapso	FETJ - 03
	Rachaduras longitudinais	FETJ - 04
	Afundamentos localizados	FETJ - 05
	Erosão	FETJ - 06
	Árvores/arbustos	FETJ - 07
	Atividades de animais e insetos	FETJ - 08
	Tráfego de animais e gado	FETJ - 09
Crista	Rachadura longitudinal	FEC - 01
	Deslocamento vertical	FEC - 02
	Desabamentos na crista	FEC - 03
	Rachaduras transversais	FEC - 04
	Crista desalinhada	FEC -05
	Depressões	FEC - 06
	Vegetação excessiva	FEC - 07
	Buracos de animais e insetos	FEC - 08
	Erosões	FEC - 09
	Rachaduras devido ao ressecamento	FEC -10
	Trilhas	FEC -11
Infiltrações de fugas de água na barragem	Mudança acentuada na vegetação	FEI - 01
	Grande área molhada ou produzindo fluxo	FEI - 02
	Área molhada e uma faixa horizontal	FEI - 03
	Fuga de água localizada na parte alta do talude	FEI - 04
	Fuga de água localizada	FEI - 05
	Fuga de água barrenta	FEI - 06
	Fuga de água através de rachaduras próximas à crista	FEI - 07
	Vazamento vindo das ombreiras	FEI - 08
	Fluxo borbulhando a jusante da barragem	FEI - 09
Vertedouro	Vegetação excessiva ou detritos no reservatório ou próximo ao extravasor	FEV - 01
	Canais erodidos	FEV - 02
	Descaçamento por erosão no final do vertedouro	FEV - 03
	Parede deslocada	FEV - 04

ESTRUTURA	ANOMALIAS	FICHA DE EMERGÊNCIA
	Rachaduras grandes	FEV - 05
	Juntas abertas ou deslocadas	FEV - 06
	Deteriorização da estrutura de concreto	FEV - 07
	Vazamento dentro e ao redor do vertedouro	FEV - 08
	Infiltração através de uma junta de construção ou rachadura de concreto	FEV - 09

5 SEÇÃO III – DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA E RISCO DE RUPTURA

Os níveis de segurança e risco foram definidos considerando o desenvolvimento do evento de ruptura, sendo:

- **Nível 1 - Detecção de anomalias que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos referente ao quadro de Estado de Conservação de acordo com o Anexo I da Resolução CNRH nº 143;**

- **Nível 2 - Situação das anomalias detectadas no Nível 1, quando “não extinto” ou em evolução;**

- **Nível 3 - Situação potencial de ruptura iminente ou está ocorrendo.**

5.1.1 NÍVEL 1 – DETECÇÃO DE ANOMALIAS QUE RESULTE NA PONTUAÇÃO MÁXIMA DE 08 (OITO) PONTOS REFERENTE AO QUADRO DE ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE ACORDO COM O ANEXO I DA RESOLUÇÃO CNRH Nº 143

O Nível 1 caracteriza-se por:

- Situação adversa, ainda controlável pelo empreendedor;
- Afeta a estrutura da barragem, porém de maneira remediável;
- Acionar a inspeção especial, estado de prontidão da barragem;

- Fluxo de notificação interno.

5.1.2 NÍVEL 2 – SITUAÇÃO DAS ANOMALIAS DETECTADAS NO NÍVEL 1, QUANDO “NÃO EXTINTO” OU EM EVOLUÇÃO

O Nível 2 caracteriza-se por:

- Situação adversa não extinta ou não controlada;
- Afeta a estrutura da barragem;
- Estado de alerta na barragem;
- Fluxo de notificação externo.

5.1.3 NÍVEL 3 – SITUAÇÃO POTENCIAL DE RUPTURA IMINENTE OU ESTÁ OCORRENDO

O Nível 3 caracteriza-se por:

- Situação adversa fora de controle pelo empreendedor;
- Afeta a estrutura da barragem de maneira severa e irreversível;
- Acidente inevitável;
- Estrutura em colapso;
- Estado de emergência na zona de auto salvamento;
- Fluxo de notificação externo.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Após detectada qualquer adversidade, a situação de emergência deve ser averiguada por um técnico competente e responsável, capaz de determinar esta condição com propriedade.

Dessa forma, qualquer avaliação do risco deve ser validada pelo responsável pela barragem e pelo coordenador do PAE, exceto quando a barragem estiver submetida a adversidades extremas (galgamentos, deslizamento de grandes volumes, fluxo intenso pelo maciço), que evidenciem uma ruptura iminente ou em andamento.

5.3 AÇÕES ESPERADAS E FLUXOS DE NOTIFICAÇÃO

As ações emergenciais esperadas para cada nível de segurança e risco são listadas na Tabela 5.1 e ordenadas na Figura 5.1.

Tabela 5.1 - Ações esperadas classificadas segundo o nível de segurança e risco de ruptura

Níveis de segurança e risco de ruptura		Notificação	Ação	Quem
1	Detecção de anomalias que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos referente ao quadro de Estado de Conservação de acordo com o Anexo I da Resolução CNRH nº 143	Fluxo de notificação interno	<ul style="list-style-type: none"> - Declarar a situação de emergência e o estado de prontidão na barragem, conforme FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO (APÊNDICE G). <i>Situação adversa ainda controlável pelo empreendedor.</i> - Elaboração do FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE E). - Realização das ações corretivas previstas nas FICHAS DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA (APÊNDICE A). - Remediação da anomalia identificada. - Encerramento da emergência, conforme FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE F). 	Coordenador do PAE
2	Situação das anomalias detectadas no Nível 1, quando “não extinto” (de acordo com a definição do inciso X do art. 31 da Portaria DNPM nº 416, de 2012) ou em evolução	Fluxo de notificação externo	<ul style="list-style-type: none"> - Declarar a situação de emergência e o estado de alerta na barragem, conforme FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO (APÊNDICE G). <i>Situação adversa não extinta ou não controlada.</i> - Deflagrar o fluxo de notificação externo. - Elaboração do FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE E). - Se possível, realização das ações corretivas previstas nas FICHAS DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA (APÊNDICE A). - Remediação da anomalia identificada. - Encerramento da emergência, conforme FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE F). 	Coordenador do PAE / Grupo de Ações Coordenadas
3	Situação potencial de ruptura iminente ou está ocorrendo	Fluxo de notificação externo	<ul style="list-style-type: none"> - Declarar a situação de emergência e o estado de emergência e de alerta na zona de auto-salvamento, conforme FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO (APÊNDICE G). <i>Acidente inevitável e/ou catástrofe se iniciando ou ruptura já ocorreu.</i> - Deflagrar o fluxo de notificação externo. - Deflagrar as ações emergenciais externas. - Alertar ou avisar, sem prejuízo das ações das autoridades públicas competentes, a população potencialmente afetada na zona de auto-salvamento, conforme sistemas de alerta previstos no PAE (sirene, telemensagens e mensagens de texto, rádio local). 	Coordenador do PAE / Grupo de Ações Coordenadas - GRAC / Autoridades Públicas Competentes, com destaque para a Defesa Civil.

Níveis de segurança e risco de ruptura		Notificação	Ação	Quem
			<ul style="list-style-type: none">- Elaboração do FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE E).- Encerramento da emergência, conforme FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE F).- Elaboração do RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA (APÊNDICE J).	

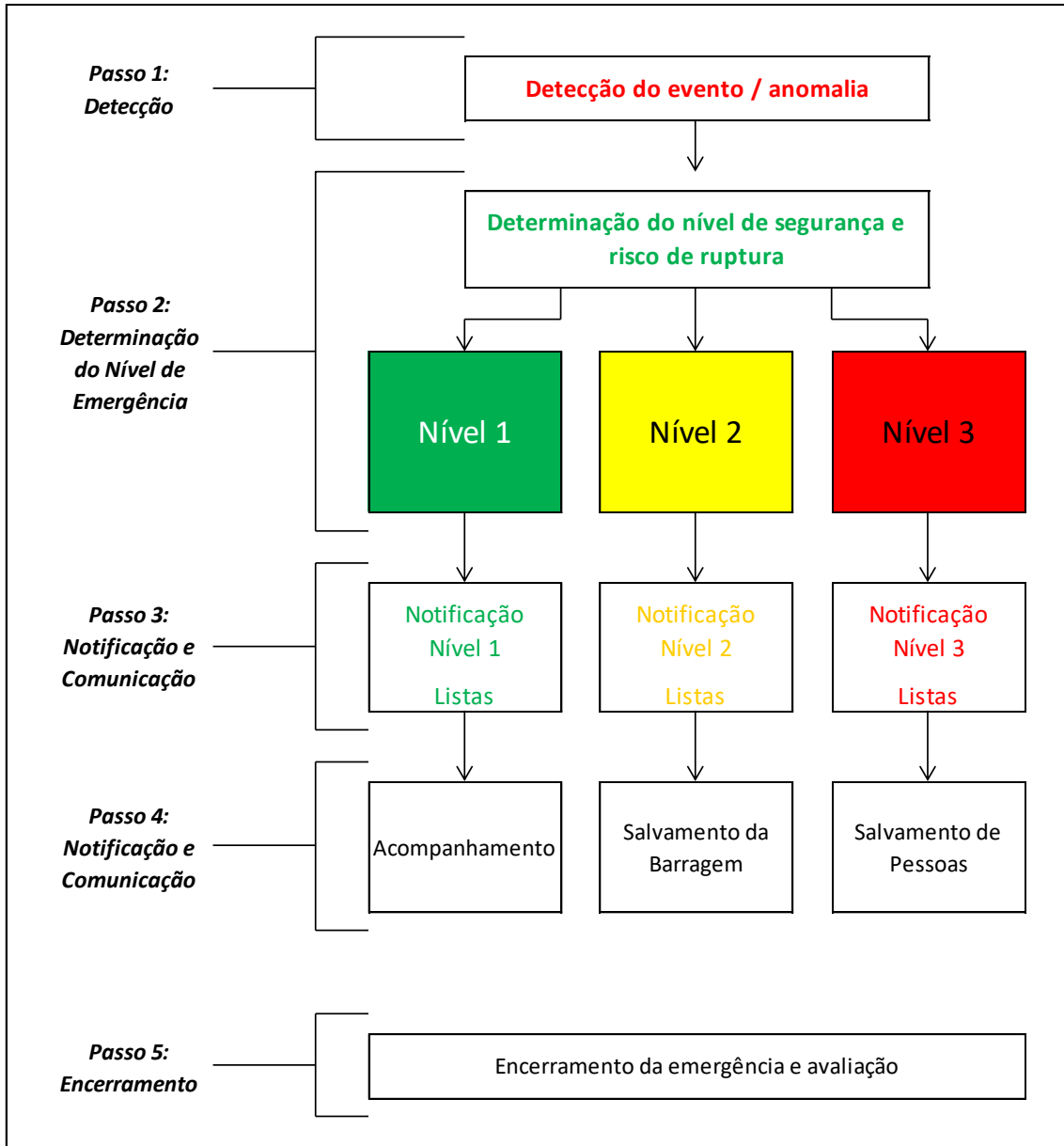


Figura 5.1 - Fluxograma de notificação por nível de segurança risco.

6 SEÇÃO IV – FLUXOGRAMA E PROCEDIMENTOS DE NOTIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO EMERGENCIAL

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O PAE foi estruturado considerando que sua implementação e operacionalização contemplam o desenvolvimento de atividades de planejamento e organizacionais relativas

às seguintes etapas, tendo como norteador dos trabalhos as ações típicas de Defesa Civil e as atribuições de órgãos e instituições relacionados ao tema, presentes e atuantes na área da mancha de inundação.

Basicamente, as atividades de organização são as seguintes:

- Etapas de planejamento, preparação e prevenção (Fase 1);
- Etapa de resposta (Fase 2);
- Etapa de reconstrução (Fase 3).

Em termos gerais, o PAE foi concebido a partir da criação de um Grupo de Ações Coordenadas - GRAC composto, fundamentalmente, pela própria Prefeitura Municipal de Ponte Nova e por outros representantes de instituições municipais, estaduais e federais presentes, principalmente, no município de Ponte Nova, além de representantes da comunidade e propriedades potencialmente atingidas pela eventual ruptura da Barragem Passa Cinco. A função do GRAC é a de estabelecer o ordenamento das ações, sejam elas de planejamento, preparação/prevenção, resposta e de reconstrução.

A liderança do GRAC deverá ser confiada à Prefeitura Municipal de Ponte Nova, como proprietária e operadora da Barragem Passa Cinco. Neste sentido, o presente documento apresenta informações também relativas aos recursos internos (materiais e humanos) que, em princípio, deverão ser disponibilizados pela própria Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Considerando que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova possa não ter como parte da sua estrutura todos os recursos materiais e humanos necessários ao pleno atendimento emergencial (Fase de Resposta). Desta forma, o PAE considera a necessidade de um levantamento detalhado dos recursos externos, disponíveis nas localidades da área de influência, a título de complementação aos recursos da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

Entende-se que a articulação a ser feita pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova, para a efetiva aplicação do PAE, deva priorizar, no primeiro momento, os seguintes membros do GRAC:

- Prefeitura Municipal de Ponte Nova e suas respectivas Secretarias, com apoio da Defesa Civil;
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), incluindo os seus órgãos vinculados;
- Núcleo de Emergências Ambientais (NEA) da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), além da SUPRAM;
- Polícia Militar, sede em Ponte Nova;
- Polícia Civil, sede em Ponte Nova;
- Corpo de Bombeiros Militar, sedes em Ponte Nova e Belo Horizonte;
- Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional das Promotorias de Justiça do Meio Ambiente da Bacia do Rio Doce;
- Superintendência de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da DMAES;
- Superintendência de Operação e Manutenção da Distribuição da CEMIG;
- Defesa Civil Municipal e Estadual;
- Secretaria Municipal do Meio Ambiente (Ponte Nova).

O acionamento da Fase 2 - Resposta (emergência), pelo Coordenador do PAE (Gerente de operação) é baseada na definição dos Níveis de Segurança e Risco de Ruptura, permitindo que o GRAC possa iniciar ações emergenciais, mesmo antes de um eventual rompimento da Barragem Passa Cinco. A sua concepção permite que o GRAC escalone a tomada de suas ações em tempo hábil e ainda evite tomadas de decisões precipitadas.

Os níveis de segurança e risco foram concebidos em três estágios, conforme apresentado na SEÇÃO III - DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA.

6.1.1 GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS – GRAC

Conforme já mencionado, deverá ser criado um Grupo de Ações Coordenadas - GRAC, com a finalidade de estabelecer um ordenamento das ações de planejamento, preparação, prevenção, resposta e reconstrução.

Há que se ressaltar que a organização proposta não pretende estabelecer níveis hierárquicos, mas sim, uma forma de estruturação baseada no grau de responsabilidade que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova, enquanto proprietária e operadora da barragem, deverá ter em caso de adversidades e ou de ruptura dessa estrutura.

O GRAC deverá ser composto por membros permanentes, os quais exercerão papel de liderança; por entidades de apoio, as quais serão acionadas na medida das necessidades identificadas para o atendimento da emergência, e por outras organizações da sociedade civil.

Os representantes da Prefeitura Municipal de Ponte Nova e as autoridades ligadas ao Gabinete da mesma, a qual deverá mobilizar todas as Secretarias, deverão exercer relevante papel de liderança compondo o grupo de membros permanentes. Caberá ao Prefeito, viabilizar as articulações com a Secretaria do Meio Ambiente.

A Prefeitura Municipal de Ponte Nova também ficará responsável pelas articulações com os demais membros permanentes, ou seja, NEA, DMAES, CEMIG, Corpo de Bombeiros Militar, assim como com o Ministério Público Estadual, este último considerado como entidade de apoio ao GRAC.

No caso do rompimento da barragem, o Corpo de Bombeiros Militar e a Polícia Militar de Minas Gerais, do município de Belo Horizonte poderá também prestar relevante serviço, em função do grau de especialização no socorro, busca, salvamento, atendimento pré-hospitalar e transporte de vítimas.

O Ministério Público também deverá atuar como entidade de apoio ao GRAC, de acordo com suas diretrizes e competências específicas. Não obstante, sua participação faz-se recomendável por ser esta entidade historicamente ser acionada em casos onde se faz necessária a defesa dos direitos dos cidadãos. Ter o Ministério Público como membro do GRAC confere lisura ao planejamento do grupo e deposita nele a responsabilidade de auxiliar na definição das ações do GRAC.

Outros órgãos e instituições da sociedade civil nas esferas municipal, estadual e federal poderão fazer parte do PAE, devendo ser acionados pelo GRAC, contribuindo de acordo com suas competências, nas diferentes fases. Estas instituições, juntamente com os Grupos de Voluntários, ajudarão as equipes de emergência e resposta ao desastre, devido ao poder de penetração que estes têm nas comunidades e à capacidade de aglutinação de esforços em prol do bem-estar comum e do restabelecimento da normalidade. Estas pessoas, ou mesmo instituições, serão selecionadas e cadastradas em função dos trabalhos iniciais do GRAC.

A seguir são listadas as sugestões de composição dos membros permanentes do GRAC.

- Presidente
 - Superintendente Geral (Prefeitura Municipal de Ponte Nova).
- Secretaria Executiva
 - Coordenador de Brigada de Emergência – Prefeitura Municipal de Ponte Nova.
- Representantes de Órgãos/Instituições Municipais, Estaduais e Federais
- Defesa Civil – Estadual (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - MG)
- Representantes das Propriedades Rurais e Espaços Urbanos

Observação: A Prefeitura deverá estabelecer, durante as discussões acerca do PAE, as atribuições das secretarias.

A seguir são listadas as sugestões de composição das entidades de apoio do GRAC.

- Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente das Bacias do Rio Doce;
- Corpo de Bombeiros Militar (Belo Horizonte);
- Polícia Militar;
- Polícia Civil;
- NEA e SEMAD;

A seguir são listadas as sugestões de composição das demais organizações da sociedade civil, que também poderão apoiar o GRAC, de acordo com as suas competências já estabelecidas e institucionalizadas.

- Hospitais;
- Jornais;
- Sindicatos Rurais;
- Rádios;
- Entre outras.

Ressalta-se que as atribuições de cada um dos membros do GRAC são apresentadas no item 7.4 (ATRIBUIÇÕES DOS MEMBROS DO GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS).

6.2 FASE DE PLANEJAMENTO, PREPARAÇÃO E PREVENÇÃO – FASE 1

Nesta fase, a prioridade está relacionada com o desenvolvimento das atividades de planejamento, preparação e prevenção, incluindo, primordialmente, a criação de um Grupo de Ações Coordenadas (GRAC).

O primeiro passo para a formação do GRAC deverá ser de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, por meio do seu Superintendente Geral. Desta forma, pretende-se que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova fomente e subsidie a formação deste grupo.

O Superintendente Geral (Prefeitura Municipal de Ponte Nova), ou alguém designado por ele (Coordenador do PAE) ficará responsável pela intermediação e realização dos contatos iniciais com os demais membros inicialmente definidos como membros permanentes do GRAC.

Definidos os membros permanentes, estes passarão a ser responsáveis pela intermediação das ações de integração entre o GRAC e as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil.

Os pontos apresentados a seguir tratam de ações que deverão ser desenvolvidas, num primeiro momento, pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova, visando à formação do GRAC e em seguida, pelo próprio GRAC, promovendo assim a integração com as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil, a saber:

- Realização dos contatos iniciais pelo Superintendente Geral (Prefeitura Municipal de Ponte Nova), ou alguém designado por ele, com os possíveis membros sugeridos como permanentes do GRAC;
- Definição dos participantes (nomes dos membros permanentes);
- Reconhecimento pelo GRAC da área de inundação relativa ao rompimento da barragem, valendo-se do material cartográfico apresentado neste Plano (APÊNDICE B);
- Realização de reuniões para discussão das atribuições e responsabilidades de cada um dos membros permanentes;
- Definição dos participantes que irão compor as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil;
- Articulação dos membros permanentes com as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil;
- Formalização de convite às entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil;
- Realização de reuniões para discussão das atribuições e responsabilidades de cada uma das entidades de apoio e demais órgãos da sociedade civil.

6.3 FASE DE RESPOSTA – FASE 2

Na fase de resposta é que serão desencadeadas as ações de atendimento emergencial, com o objetivo de garantir que será promovido o socorro e a assistência aos possíveis atingidos.

Estabelecimento de ações de comunicação

Nesta fase serão desenvolvidas as ações de resposta, **cujos canais de comunicação já deverão ter sido estabelecidos, previamente, na Fase 1.**

Resta, neste momento, divulgar as ações de resposta, que foram determinadas segundo as características locais.

Será determinante o envolvimento de representantes da municipalidade de Ponte Nova, executado na fase de preparação, da mesma forma destaca-se o envolvimento de toda a população afetada que, ainda na fase de preparação, deverá passar por treinamentos orientados pela Defesa Civil, sobre como agir em casos de sinistro. (APÊNDICE C)

Operacionalização

A Fase 2 é desencadeada conforme evolução dos níveis de segurança e risco e de acordo com o planejado pelo GRAC. O rompimento não ocorreu, mas a sua iminência impõe um cenário que demanda o acionamento do GRAC e de medidas de acionamento automático (independente da autorização de um indivíduo ou entidade). A agilidade no processo de evacuação das comunidades rurais, é fator determinante para o sucesso do PAE, sendo novamente importante destacar a sintonia que deve haver entre os membros do GRAC, advinda com a contínua aplicação das ações previstas na Fase 1.

Diante da iminente ruptura do maciço da Barragem Passa Cinco, a partir do nível de segurança e risco 3, o seguinte conjunto de ações deverá ser iniciado:

- Convocação, pelo (Coordenador do PAE), dos membros permanentes do GRAC. Estas pessoas serão contatadas por telefone e convocadas para se reunirem, preferencialmente na sede da Prefeitura Municipal de Ponte Nova.

- Sinal de alerta sonoro para as comunidades rurais e urbanas, que deverá ser eficiente com a prática de treinamentos.

- Paralelamente a essa convocação, deverá ser ordenada, pelo Coordenador do PAE, a paralisação do processo produtivo e o direcionamento de efetivos da Brigada de Emergência e das áreas de comunicação, meio ambiente, medicina do trabalho, segurança industrial e patrimonial para o estado de prontidão. Os demais funcionários deverão

também permanecer em estado de prontidão, podendo ser convocados para trabalhos de ajuda humanitária.

- Por ocasião da convocação do GRAC, as autoridades da Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverão expor a situação aos demais e apresentar projeções quanto às características da iminente ruptura da Barragem Passa Cinco.

- Ficará a cargo dos membros permanentes do GRAC determinar as providências cabíveis, as quais incluirão, necessariamente:

- O estabelecimento de um Gabinete de Crise, visando a organização para a coleta de dados, repasse de informações e desencadeamento de ações.

- O GRAC deverá dar continuidade ao processo de informação via contatos telefônicos e por meio da utilização dos serviços de comunicação estabelecidos.

- Toda a logística para a evacuação das comunidades rurais deverá ser organizada pelo GRAC. Deverão ser disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova veículos em número suficiente.

- Toda a logística para a interdição das estradas nas proximidades a estrutura deverá ser organizada pelo GRAC. Deverão ser disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova veículos em número suficiente.

- Prontidão dos sistemas municipais e estaduais de atendimento a emergência (hospitais e unidades móveis de urgência, pelotões de policiamento civil, militar e rodoviário).

6.4 FASE DE RECONSTRUÇÃO – FASE 3

A fase de reconstrução tem como finalidade de minimização do impacto ambiental das áreas atingidas. Neste momento são desenvolvidas as estratégias de recuperação, realização das investigações e avaliação dos danos e prejuízos.

Estratégias de recuperação

Passado o período imediato de resposta ao atendimento emergencial, caberá à Prefeitura Municipal de Ponte Nova, juntamente com o GRAC, providenciar o desenvolvimento de ações visando a reconstrução e o restabelecimento dos ambientes em condições semelhantes às que antecederiam à ocorrência dos eventos de ruptura da barragem, tanto do ponto de vista de segurança como socioambiental.

Consultorias especializadas poderão ser contratadas para avaliar os danos, o que deverá ser feito mediante vistorias e elaboração de laudos técnicos.

Sugere-se a criação de um grupo denominado GRACPA (Grupo de Ações Coordenadas Pós Acidente), cujo objetivo será o acompanhamento das ações de reconstrução, inclusive o monitoramento da qualidade ambiental. Este grupo deverá ser formado, além da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, pela DMAES, pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e órgãos vinculados NEA, FEAM IGAM e IEF, pelo Conselho Regional de Arquitetura Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG), Defesa Civil Estadual (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - MG) e do Ministério Público Estadual (Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente da Bacia do Rio Doce). Dada a dimensão das ações requeridas para o restabelecimento das condições socioambientais, estas poderão ser estratificadas conforme segue:

- Desobstrução da Rodovia e vias rurais, remoção de escombros, com destinação correta dos resíduos gerados;
- Sepultamento de seres humanos e animais, limpeza, descontaminação, desinfecção e desinfestação dos ambientes;
- Para que seja possível a recuperação das áreas atingidas, será necessária a limpeza destas, por meio de recursos mecânicos ou manuais;
- Em situações nas quais se diagnostique a ocorrência de contaminações, será necessário o planejamento de ações e o acompanhamento dos processos de remediação e recuperação do ambiente impactado.

Da mesma forma, o monitoramento da qualidade ambiental deverá ser aprovado pelo GRACPA, que também deverá receber os respectivos laudos do acompanhamento do processo de remediação e/ou recuperação do ambiente impactado.

Investigações

A coleta adequada de informações durante a situação de emergência, incluindo a análise e o registro da ocorrência de ruptura, são instrumentos importantes para avaliação da eficiência do PAE, assim como permite corrigir falhas nos sistemas operacionais bem como avaliar o grau de influência exercido por fatores externos.

Controlada a emergência, e no tempo mais breve possível para que informações relevantes não sejam esquecidas, os integrantes do GRAC e do GRACPA deverão se reunir e discutir sobre as causas, os efeitos, os recursos disponíveis e os resultados das medidas adotadas. Como resultado desta reunião deverá ser elaborado o Relatório de Encerramento de Evento de Emergência (APÊNDICE J).

Toda essa dinâmica terá como objetivo prevenir a ocorrência de uma nova ruptura, bem como permitirá avaliar aspectos e ações já consolidadas que eventualmente precisem ser revistos.

Mesmo um incidente ou até um desvio operacional deverão ser investigados. Para isto, a Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverá definir critérios e diretrizes para a investigação não apenas dos acidentes, mas também dos incidentes, o que incluirá a identificação da natureza do incidente, suas causas básicas, outros fatores contribuintes e a relação de recomendações identificadas.

Avaliação dos danos e prejuízos

Sugere-se que a avaliação dos danos e prejuízos gerados, a partir do desastre causado pelo rompimento da Barragem Passa Cinco, seja feita de acordo com a metodologia desenvolvida pelo Sistema Nacional de Defesa Civil (SNDC). O SNDC desenvolveu um formulário com esta finalidade denominado de AVADAN.

No formulário citado serão registrados, além dos danos humanos, materiais e ambientais, as características intrínsecas do desastre, tipificado de acordo com a

Classificação Geral dos Desastres e Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos - CODAR (anexos da Política Nacional de Defesa Civil), e contendo dados de população, orçamento, PIB e arrecadação do município afetado.

Danos humanos

Em relação aos danos humanos serão necessários levantamentos das pessoas vitimadas discriminando se gestantes, desalojadas, desabrigadas/deslocadas, desaparecidas, mortas, enfermas, levemente e gravemente feridas.

Danos materiais

Em relação aos danos materiais serão quantificadas as edificações danificadas e destruídas pelo desastre e os custos, em reais (R\$), para recuperá-las ou reconstruí-las, discriminado os seus usos, como por exemplo: edificações residenciais, instalações públicas, infraestrutura pública, obras de arte, estradas, vias urbanas, instalações particulares, comunitárias, rurais e industriais.

Danos ambientais

Os danos ambientais também serão avaliados em termos água, solo, ar, flora e fauna, englobando o levantamento de informações as áreas afetadas, o grau de poluição e ou contaminação evidenciados, bem como os custos envolvidos.

Prejuízos econômicos e sociais

Os prejuízos também serão avaliados por meio do registro das variáveis econômica e social.

Os prejuízos econômicos englobarão os setores de agricultura, pecuária, indústria e serviços nas áreas afetadas, discriminando o valor do prejuízo em reais (R\$).

Os prejuízos sociais considerarão o registro dos serviços essenciais, como por exemplo, abastecimento de água, energia elétrica, transporte, comunicações, esgotamento sanitário e coleta de resíduos, educação e alimentação básica que foram prejudicados ou interrompidos pelo desastre, quantificando-os em termos de custo, em reais (R\$).

De posse das informações listadas anteriormente, será feita uma avaliação conclusiva pelo GRACPA sobre a intensidade do desastre de acordo com critérios preponderantes (intensidade dos danos, vulto dos prejuízos e necessidade de recursos suplementares) e critérios agravantes (importância dos desastres secundários, despreparo do GRAC e instituições participantes, vulnerabilidade do cenário, vulnerabilidade da comunidade, padrão evolutivo do desastre e tendência para agravamento). Essas ações deverão ser conduzidas pela GRAC, GRACPA.

6.5 FLUXOGRAMA DE DESENCADEAMENTO DE AÇÕES

A Figura 6.1, a seguir, apresenta o fluxograma de desencadeamento de ações de gestão do PAE, considerando a estrutura e a organização do GRAC, de acordo com as Fases 1 (planejamento, preparação e prevenção), 2 (resposta à emergência) e 3 (reconstrução).

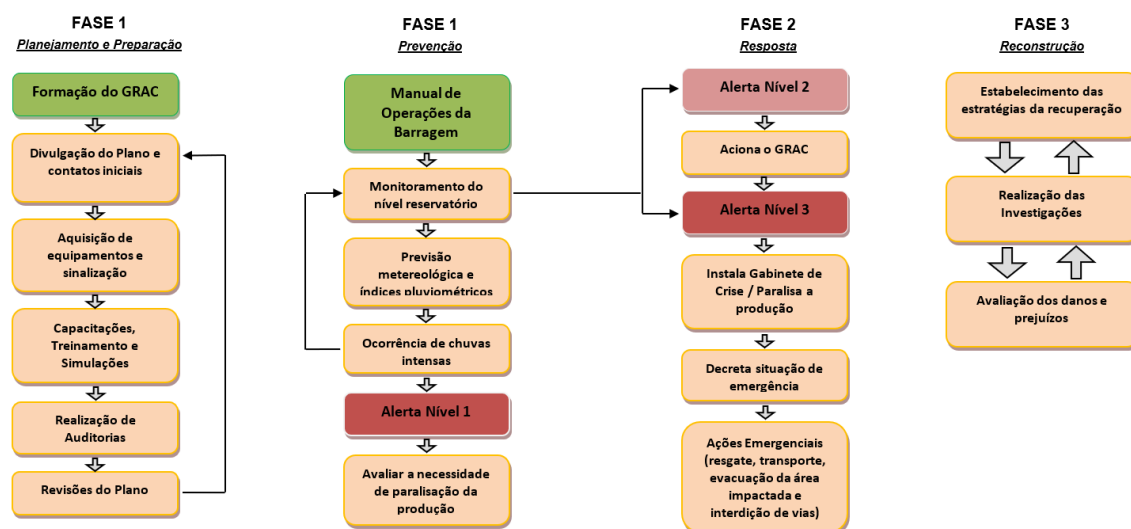


Figura 6.1 - Desencadeamento de ações de gestão do PAE – Fases 1,2 e 3.

7 SEÇÃO V – RESPONSABILIDADE GERAIS NO PAE

Nesta seção são apresentadas as responsabilidades gerais no PAE, com destaque para aquelas relativas à Prefeitura Municipal de Ponte Nova, ao Coordenador do PAE e ao Encarregado da Barragem Passa Cinco.

7.1 RESPONSABILIDADES DO EMPREENDEDOR

A Prefeitura Municipal de Ponte Nova tem as seguintes responsabilidades:

- Providenciar a elaboração do PAE, incluindo o estudo de cenários e mapa de cenários;
- Disponibilizar informações, de ordem técnica, necessárias para que a Defesa Civil promova treinamentos e simulações de situações de emergência, em conjunto com a prefeitura e demais instituições indicadas pelo governo municipal, devendo manter registros destas atividades no Volume V do PSB, além de estar disponível para eventual atuação em conjunto com os órgãos citados, quando solicitado formalmente;
- Promover treinamentos internos acerca do PAEBM, envolvendo a equipe de segurança da barragem e os demais empregados do empreendimento, devendo manter registros destas atividades no Volume V do PSB;
- Designar formalmente um coordenador e seu substituto para executar as ações descritas no PAE. No caso da Barragem Passa Cinco, o Coordenador do PAE será o Gerente de Operações / Monitoramento (Prefeitura Municipal de Ponte Nova);
- Possuir equipe capaz de detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis de emergência;
- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- Alertar a população potencialmente afetada na zona de auto salvamento;
- Notificar a Defesa Civil estadual, municipal e nacional em caso de situação de emergência;

- Emitir declaração de encerramento da emergência;
- Providenciar a elaboração do Relatório de Encerramento de Eventos de Emergência, com a ciência do responsável legal da barragem, da Prefeitura e das Defesas Cíveis nacional, estadual e municipal.

7.2 RESPONSABILIDADES DO COORDENADOR DO PAE

O Coordenador do PAE da Barragem Passa Cinco tem as seguintes responsabilidades:

- Ter pleno conhecimento do conteúdo do PAE, nomeadamente do fluxo de notificações;
- Assegurar a divulgação do PAE e o seu conhecimento por parte de todos os participantes;
- Orientar, acompanhar e dar suporte no desenvolvimento dos procedimentos operacionais do PAE;
- Avaliar, em conjunto com a equipe técnica de segurança de barragem, a gravidade da situação de emergência identificada;
- Acompanhar o andamento das ações realizadas, frente à situação de emergência e verificar se os procedimentos necessários foram seguidos;
- Executar as notificações previstas no fluxograma de notificações; e
- Elaborar, junto com a equipe de segurança da barragem, a Declaração de Encerramento da Emergência.
- Ao detectar uma situação que possa comprometer a segurança da barragem ou quando constatada anomalia que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos em qualquer coluna do quadro de Estado de Conservação referente a Categoria de Risco da Barragem de Água, deve avaliá-la e classificá-la de acordo com os Níveis de Alerta;
- Após a classificação quanto aos Níveis de Alerta, deve declarar Situação de Emergência;

- No caso de decretar o Nível de Alerta 3, sem prejuízo das demais ações previstas no PAE e das ações das autoridades públicas competentes, fica o Coordenador do PAE e/ou a Prefeitura Municipal de Ponte Nova responsável por garantir a evacuação das áreas próximas e a interdição de vias e acessos na área potencialmente inundada;

- Analisar os relatórios de auscultação da barragem;
- Detectar as ações de emergência e classificá-las de acordo com os níveis de alerta;
- Executar as notificações previstas;
- Programar as reuniões de avaliação depois dos eventos de emergência.

7.3 RESPONSABILIDADES DO ENCARREGADO DA BARRAGEM

O Encarregado da Barragem Passa Cinco tem as seguintes responsabilidades:

- Nas situações de emergência acionar o Coordenador do PAE;
- Operação e manutenção diária da barragem, por meio da gestão eficaz dos contratos específicos e supervisão dos trabalhos de manutenção e operação;
- Realizar as inspeções periódicas e monitoramento contínuo dos instrumentos instalados na barragem, visando identificar situações que requeiram ações emergenciais. Sempre que necessário requerer auxílio das áreas de Geotecnia, Meio Ambiente, Operação.

7.4 ATRIBUIÇÕES DOS MEMBROS DO GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS

A Tabela 7.1 apresenta as atribuições dos membros do GRAC, considerando as fases de planejamento, preparação e prevenção (Fase 1), resposta (Fase 2) e reconstrução (Fase 3). Entretanto, torna-se importante mencionar que tal tabela constitui, tão somente, uma proposta inicial que visa nortear os trabalhos, sendo razoável entender que será o próprio GRAC, a partir de suas lideranças e reuniões iniciais, responsável pelos ajustes na composição dos integrantes e pela real definição das atribuições.

Sobre as atribuições das entidades de apoio, entende-se também que o detalhamento deverá ser resultado das futuras discussões internas do GRAC. A Tabela 7.1, portanto, apresenta uma proposta inicial.

Com relação às demais organizações da sociedade civil, que poderão fazer parte do PAE, torna-se importante ressaltar que as suas atribuições serão definidas na medida em que acontecerem as reuniões do GRAC, não cabendo, nessa fase conceitual do PAE, antecipar o papel de cada uma. Estas organizações contribuirão de acordo com suas competências, nas diferentes fases, porém também na forma de apoio.

Tabela 7.1 - Atribuições dos membros do GRAC

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	Fase 2 - Resposta (emergência)	Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)
Presidente	<ul style="list-style-type: none"> - Primeiro passo para a formação do GRAC e definição das atribuições dos integrantes. - Monitorar informações pertinentes à condição de funcionamento da barragem. - Convocar os membros do GRAC, articulando as reuniões e o envolvimento de cada um deles. - Acompanhar o planejamento, intervindo quando necessário. - Disponibilizar recursos para aquisição de equipamentos e sinalização e cadastramento de voluntários. - Garantir que o GRAC ratifique e/ou revise o ordenamento e das Ações de Resposta (emergência) relativas à Fase 2, em função da evolução dos níveis de segurança e risco, 	<ul style="list-style-type: none"> - Acionar as ações ordenadas e escalonadas em função dos Níveis de Segurança e Risco conforme determinadas pelo GRAC. - Estabelecer um gabinete de crise. - Determinar a interdição da rodovia e estradas vicinais - Aprovar ações elencadas pelos membros do GRAC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilizar recursos para custeio de despesas relacionadas à reconstrução e minimização dos impactos ambientais.

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	Fase 2 - Resposta (emergência)	Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)
	especialmente para o nível 3		
Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar relatórios periódicos de inspeção da barragem. - Acompanhar a previsão meteorológica, alertando para precipitações excepcionais. - Acompanhar, por meio de batimetrias rotineiras - Encaminhar ao Presidente do GRAC informações pertinentes à condição de funcionamento da barragem. - Acompanhar as condições operacionais, a partir do nível de segurança e risco 1, acionando os demais níveis, quando for o caso. - Realizar o planejamento do PAE. Providenciar suporte logístico às reuniões do GRAC. - Promover eventos de treinamento e capacitação. Contratar auditorias externas. - Manter o plano atualizado. - Realizar os monitoramentos geotécnicos (Instrumentos instalados, conforme frequência estabelecida). 	<ul style="list-style-type: none"> - Acompanhar o enchimento do reservatório, estabelecendo os Níveis de Segurança e Risco pertinentes. - Informar ao Presidente do GRAC da situação e sua possível evolução. - Participar do gabinete de crise. - Viabilizar os instrumentos e recursos destinados à interdição dos acessos. - Viabilizar as ações de apoio definidas pelo Presidente do GRAC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Acompanhar os trabalhos de reconstrução, fornecendo apoio necessário aos trabalhos do GRACPA. - Receber cópia do relatório de Avaliação de Danos (AVADAN).
Coordenador	<ul style="list-style-type: none"> - Articular cooperação com a Assessoria de Comunicação da 	<ul style="list-style-type: none"> - Mediar reuniões do gabinete de crise. - Manter telefone exclusivo e site 	<ul style="list-style-type: none"> - Viabilizar e fomentar a criação de uma Comissão Especial, ou GRACPA (Grupo

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	Fase 2 - Resposta (emergência)	Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)
	<p>Prefeitura Municipal de Ponte Nova.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir os conteúdos e elaborar os materiais de disseminação das ações de comunicação social junto às comunidades. <p>Difundir o PAE, em consonância com as Assessorias de Comunicação do Município.</p>	<p>específico para divulgação de informações sobre a evolução e resposta ao desastre.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar, através de Boletins Oficiais, a comunicação com a comunidade e a imprensa, em consonância com a Assessoria de Comunicação do Município de Ponte Nova. 	<p>de Ações Coordenadas Pós Acidente), a ser formado por representantes da Secretaria de estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), do Conselho Regional de Arquitetura e Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG), da Defesa Civil e do Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MP).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manter divulgação periódica de Boletins Oficiais, em consonância com a Assessoria de Comunicação do Município. - Manter canais de comunicação para divulgação de informações sobre as ações de reconstrução. - Organizar ações específicas para prestar, durante todo o período de reconstrução. - Providenciar, junto com o Prefeito, o envio de ofício de agradecimento aos principais colaboradores e voluntários. - Apoiar os trabalhos do GRACPA.

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	Fase 2 - Resposta (emergência)	Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)
Defesa Civil Coordenadoria Estadual de Defesa Civil / Belo Horizonte - CEDEC	<ul style="list-style-type: none"> - Auxiliar na estruturação das ações de Defesa Civil no município de Ponte Nova. - Avaliar a viabilidade e necessidade de se instalar Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDEC's). 	<ul style="list-style-type: none"> - Compor o gabinete de crise. - Auxiliar o município atingido na condução das ações de emergência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Auxiliar o município na condução das ações de reconstrução.
Núcleo de Emergências Ambientais (NEA) da SEMAD	<ul style="list-style-type: none"> - Participar das reuniões do GRAC. - Fornecer orientação técnica para o atendimento emergencial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compor o gabinete de crise. - Compor a equipe de coordenação do atendimento às emergências ambientais. - Fornecer orientação técnica no atendimento emergencial e na proteção do meio ambiente da região de influência da ruptura da barragem. - Inspeccionar e verificar os danos causados ao meio ambiente gerados pela ruptura da barragem. - Emitir os relatórios de inspeção e encaminhar para a SEMAD e seus órgãos vinculados FEAM / IGAM / IEF e SUPRAM Central. 	<p>Fiscalizar e estabelecer compromissos de reparação ambiental com o responsável pela ocorrência.</p> <p>Elaborar um relatório de avaliação de danos e encaminhar para a SEMAD e seus órgãos vinculados FEAM / IGAM / IEF e SUPRAM Central.</p>

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	Fase 2 - Resposta (emergência)	Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)
SEMAD e seus órgãos vinculados FEAM / IGAM / IEF e SUPRAM Central	<ul style="list-style-type: none"> - Articular entendimentos com o GRAC. - Atuar conforme suas diretrizes e competências específicas, apoiando os trabalhos do GRAC. - Fiscalizar o cumprimento das leis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fornecer orientação técnica nos combates aos acidentes e na proteção do meio ambiente da região de influência. - Inspecionar e verificar os danos causados ao meio ambiente. - Emitir, a partir do NEA, os relatórios de inspeção e de danos ambientais. - Informar à população os níveis de poluição e de desequilíbrio ecológico gerado pela ruptura da barragem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Montar um relatório de avaliação de danos ambientais (FEAM, IGAM, IEF e SUPRAM Central). - Fiscalizar e estabelecer compromissos de reparação ambiental com a Prefeitura Municipal de Ponte Nova.
Polícia Rodoviária Federal	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar planejamento específico visando à mobilização e distribuição dos efetivos e materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compor o gabinete de crise. - Distribuir o efetivo e os materiais, conforme o seu planejamento. - Informar sobre as condições de tráfego e pontos interditados. - Coordenar o trânsito na e os desvios, orientando e evitando deslocamentos desnecessários, priorizando o livre acesso aos veículos e viaturas em serviços de urgência. - Coordenar o trânsito na e nos desvios, orientando e evitando deslocamentos desnecessários, priorizando o livre acesso aos veículos e viaturas em serviços de urgência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Montar, em conjunto com os Comandos do 2º Pelotão e o 1º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar, um relatório de danos na rodovia.

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	Fase 2 - Resposta (emergência)	Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)
DMAES	<ul style="list-style-type: none"> - Participar das reuniões do GRAC. - Acompanhar o planejamento do PAE, intervindo quando necessário. - Contribuir tecnicamente para o PAE. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compor o gabinete de crise. - Contribuir tecnicamente para as ações de resposta. - Desencadear as ações de resposta pertinentes no que diz respeito às condições de fornecimento de água. 	<ul style="list-style-type: none"> - Montar um relatório de avaliação de danos e encaminhá-lo a Defesa Civil.
CEMIG	<ul style="list-style-type: none"> - Participar das reuniões do GRAC. - Acompanhar o planejamento do PAE, intervindo quando necessário. - Contribuir tecnicamente para o PAE. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compor o gabinete de crise. - Contribuir tecnicamente para as ações de resposta. - Desencadear as ações de resposta pertinentes no que diz respeito às condições de fornecimento de energia elétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Montar um relatório de avaliação de danos e encaminhá-lo a Defesa Civil.
Corpo de Bombeiros Militar	<ul style="list-style-type: none"> - Participar das reuniões do GRAC. - Articular cooperação com a Polícia Militar. - Articular cooperação com as demais instituições ligadas à segurança pública (Polícia Civil). 	<ul style="list-style-type: none"> - Compor o gabinete de crise. - Manter-se informado sobre a situação e sua possível evolução. - Distribuir o efetivo e os equipamentos, conforme o seu planejamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Montar, em conjunto com a Polícia Civil, relatório sobre ocorrências e óbitos.
Ministério Público do Estado de Minas Gerais (Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente das Bacias do Rio Doce)	<ul style="list-style-type: none"> - Articular entendimentos com o GRAC. - Atuar conforme suas diretrizes e competências específicas, apoiando os trabalhos do GRAC. - Defender os direitos sociais e individuais indisponíveis dos cidadãos. - Fiscalizar o cumprimento das leis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Articular entendimentos com o GRAC. - Atuar conforme suas diretrizes e competências específicas, apoiando os trabalhos do GRAC. - Defender os direitos sociais e individuais indisponíveis dos cidadãos. - Fiscalizar o cumprimento das leis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Integrar e cooperar com a Comissão Especial, ou GRACPA (Grupo de Ações Coordenadas Pós Acidente), a ser formado por representantes da Secretaria de estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), do Conselho Regional de Arquitetura Engenharia e Agronomia de Minas Gerais (CREA-MG), da Defesa Civil.

Integrante do GRAC	Atribuições		
	Fase 1 - Planejamento, preparação e prevenção	Fase 2 - Resposta (emergência)	Fase 3 - Reconstrução (ações posteriores ao evento)
			<ul style="list-style-type: none"> - Defender os direitos sociais e individuais indisponíveis dos cidadãos. - Fiscalizar o cumprimento das leis.
Polícia Militar	<ul style="list-style-type: none"> - Articular cooperação com os Comandos do Corpo de Bombeiros. - Participar no processo de planejamento específico visando à mobilização e distribuição dos efetivos e materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compor o gabinete de crise. - Distribuir o efetivo e os materiais, conforme o seu planejamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Montar, em conjunto com a Polícia Civil, relatório de ocorrências.
Polícia Civil	<ul style="list-style-type: none"> - Prestar apoio à Polícia Militar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Distribuir o efetivo e os materiais, conforme o planejamento. - Manter os Comandos da Polícia Militar envolvidos, informados sobre a situação e sua possível evolução. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atuar em conformidade com as diretrizes dos Comandos da Polícia Militar envolvidos. - Montar, em conjunto com os Comandos da Polícia Militar envolvidos, relatório de ocorrências.
Representantes das Comunidades Rurais e Urbanas Potencialmente Atingidas	<ul style="list-style-type: none"> - Participar das reuniões do GRAC, juntamente com membros do Secretariado. - Acompanhar o planejamento, intervindo sempre que julgar necessário. - Intermediar ações junto às comunidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Auxiliar o GRAC nas ações de comunicação com as propriedades rurais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Participar da elaboração dos relatórios de avaliação de danos.

8 SEÇÃO VI – RESULTADOS DO ESTUDO DE ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM E MAPA DE INUNDAÇÃO

8.1 ZONA DE AUTO-SALVAMENTO

A simulação da ruptura da Barragem Passa Cinco, com a delimitação da abrangência da área inundada, é parte do Estudo de Rompimento (“Dam Break”)

elaborado pela BARUK ANEXO A. Torna-se importante mencionar que o Estudo de Rompimento (“Dam Break”) foi elaborado para um cenário, a saber:

- Cenário de ruptura hipotética associada ao evento extremo de cheia natural, com tempo de retorno de 10.000 anos. Nesse cenário, considera-se a ocorrência de:

- Galgamento da barragem e início de formação da brecha trapezoidal imediato.

- Formação de uma brecha trapezoidal em um período de 14,76 minutos, com as seguintes dimensões: largura final do fundo da brecha de 8,6 m, altura final da brecha de 9,0 m e declividade dos taludes da brecha de 1:1(V:H).

Ao delimitar as envoltórias de inundação, e seus respectivos parâmetros, os resultados dos estudos de ruptura da Barragem Passa Cinco auxiliam na determinação da zona de auto salvamento.

A zona de auto salvamento é a região localizada à jusante da barragem na qual se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente. Sugere-se que a abrangência desta zona seja definida em consenso com a Defesa Civil.

8.2 DELIMITAÇÃO DO POTENCIAL DE INUNDAÇÃO

O potencial de inundação decorrente de uma falha da Barragem Passa Cinco foi definido a partir de um estudo de ruptura hipotética da estrutura.

Nesse estudo, considera-se a ruptura total do maciço e a projeção da pior situação a ser esperada em caso de falha da estrutura.

O estudo de ruptura hipotética da Barragem Passa Cinco está apresentado no ANEXO A.

8.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIALMENTE ATINGIDAS PELA MANCHA DE INUNDAÇÃO

A caracterização das tipologias de uso e forma de ocupação do solo das áreas potencialmente atingidas pela mancha de inundação foi realizada de forma conceitual a partir de imagens aéreas.

A delimitação do uso e ocupação obedece aos limites estabelecidos pela mancha de inundação fornecida pela empresa BARUK.

Invariavelmente as áreas ocupadas a jusante apresentam características rurais e urbanas, com ocorrência de pequenas instalações isoladas e de vegetações em estágios variados.

Apresenta-se no APÊNDICE B a caracterização de uso e ocupação do solo.

9 AUDITORIAS

Recomenda-se que o PAE seja auditado frequentemente, com o objetivo de identificar não conformidades. A auditoria deverá ser realizada por pessoas com conhecimentos da área de segurança de barragens, meio ambiente, segurança do trabalho, emergências e primeiros socorros, porém necessariamente externas à Prefeitura Municipal de Ponte Nova e ao Grupo de Ações Coordenadas. Sempre que possível, a Prefeitura Municipal de Ponte Nova contratará empresas externas para realização destas auditorias, todavia o gerenciamento destas atividades deverá ficar a cargo do GRAC.

Durante a auditoria, recomenda-se que sejam verificados aspectos relativos à organização, recursos humanos, treinamentos, equipamentos e recursos emergenciais e de primeiros socorros, coordenação com entidades externas e mecanismos de comunicação.

As não conformidades eventualmente identificadas nas auditorias deverão ser objeto de um Plano de Ação contendo a identificação dos responsáveis e o prazo para execução/conclusão.

A ocorrência de incidentes na Barragem Passa Cinco também poderá levar à realização de uma nova auditoria em um período mais curto que o planejado.

Em termos de ações específicas, deverão ser desenvolvidas, pelo GRAC as seguintes atividades:

- Contratação de equipe de auditores;
- Acompanhamento da realização das auditorias;
- Validação dos relatórios de auditoria;
- Validação do Plano de Ação (se necessário, a partir da identificação de não conformidades);
- Acompanhamento da implementação do Plano de Ação.

10 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

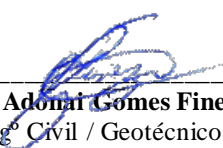
• BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA. Relatório Técnico Auditoria de Segurança Barragem Passa Cinco Ponte Nova - MG. BRK - 2101 - G3-SEMAM - PASSA CINCO - RT-01 – 00 em agosto de 2021.

• BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA. Relatório Técnico Estudo de “DAM BREAK” Barragem Passa Cinco Ponte Nova - MG. BRK - 2101 - G3-SEMAM - DAM BREAK - PASSA CINCO - RT-03 – 00 em setembro de 2021.

• BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA. Base Topografica Barragem Passa Cinco Ponte Nova - MG. BT-BRK - 2101 - G3-SEMAM – PASSA_CINCO.dwg em Agosto de 2021.

• “Levantamento Batimétrico - Lagoa P5.pdf” realizada realizada pela HAC Hidroclimatologia LTDA em janeiro de 2011.

• NATIONAL INVENTORY OF DAMS (NID). Emergency Action Plan (EAP) Rock Creek Watershed, Dam No 23.

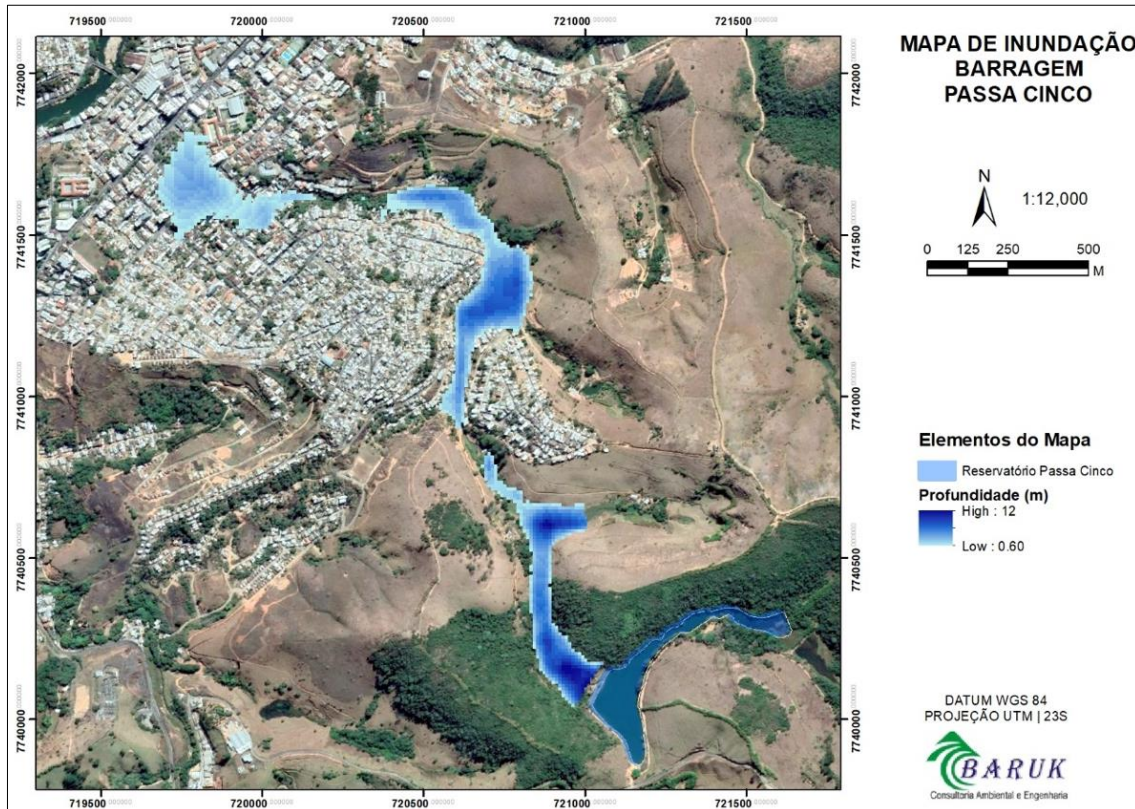


D.Sc. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS


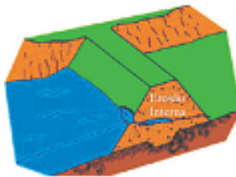
ANEXO A – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART

ANEXO B – ESTUDO DE RUPTURA HIPOTÉTICA – MAPA DE INUNDAÇÃO – RUPTURA DA BARRAGEM PASSA CINCO (BARUK)


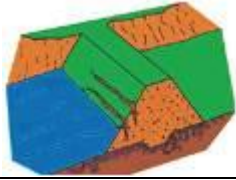


APÊNDICES



APÊNDICE A - FICHAS DE EMERGÊNCIA

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 01	Elaboração: 18/09/2021
	SUMIDOURO NO TALUDE DE MONTANTE	Revisão:
Estrutura		
Talude de Montante		
Anomalia		
Sumidouros		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Erosão interna ou <i>Piping</i> do maciço ou fundação da barragem dá origem a um sumidouro. 2. O desabamento de uma caverna criada pela erosão pode resultar num sumidouro. 3. Um pequeno furo na parede da tubulação da tomada d'água pode ocasionar um sumidouro. Água barrenta na saída à jusante indica o desenvolvimento de erosão na barragem. 		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO EXTREMO</p> <p>O <i>Piping</i> pode esvaziar o reservatório através de um pequeno furo na parede da tubulação ou pode provocar a ruptura de uma barragem, quando os canais formados pela erosão regressiva atravessam o maciço ou a fundação.</p>		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<p>Inspecionar outras partes da barragem procurando infiltrações ou mais sumidouros.</p> <p>Identificar a causa exata do sumidouro.</p> <p>Examinar a água que sai à jusante, por fuga ou percolação, para verificar se ela está suja.</p> <p>Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.</p> <p>EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


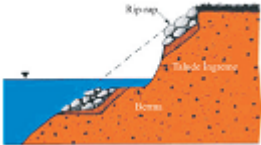
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 02</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>RACHADURAS GRANDES NO TALUDE DE MONTANTE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Talude de Montante		
Anomalia		
Rachaduras Grandes		
Causas Prováveis		
<p>Uma porção do maciço moveu-se devido à perda de resistência, ou a fundação pode ter-se movido causando um deslocamento no maciço.</p>		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO EXTREMO Indica o início de um deslizamento ou recalque do maciço causado pela ruptura da fundação.</p>		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<p>Dependendo do volume de maciço envolvido, baixar o nível do reservatório. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.</p> <p>EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


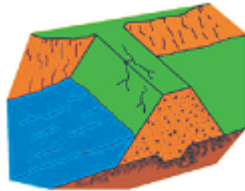
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 03</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>DESLIZAMENTOS, AFUNDAMENTOS OU ESCORREGAMENTOS NO TALUDE DE MONTANTE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Talude de Montante		
Anomalia		
Deslizamentos, afundamentos ou escorregamento		
Causas Prováveis		
<p>Terra ou pedras deslizaram pelo talude devido à sua inclinação exagerada ou ao movimento da fundação. Examinar a ocorrência de movimentos de terra, na bacia do reservatório, produzidos por deslizamentos.</p>		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO EXTREMO Uma série de deslizamentos pode provocar a obstrução da tomada d'água ou ruptura da barragem</p>		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<p>Avaliar a extensão do deslizamento. Monitorar o escorregamento e baixar o nível do reservatório se a segurança da barragem estiver ameaçada. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas.</p>		
EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


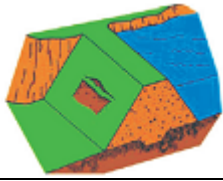
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 04</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>TALUDES ÍNGREMES E BANCADAS DE ESCAVAÇÃO NO TALUDE DE MONTANTE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Talude de Montante		
Anomalia		
Taludes íngremes e bancadas de escavação		
Causas Prováveis		
<p>Ação das ondas e recalques locais causam ao solo e às rochas erosão e deslizamentos para a parte inferior do talude, formando assim uma bancada de escavação.</p>		
Possíveis Consequências		
<p>A erosão diminui a largura e possivelmente a altura do maciço, o que poderá conduzir ao aumento da percolação ou ao transbordamento da barragem.</p>		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<p>Determinar as causas exatas da formação das bancadas de escavação. Executar os trabalhos necessários para restaurar o maciço, devolvendo as suas inclinações originais e providenciar a proteção adequada para o mesmo.</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


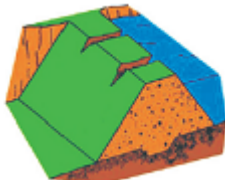
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETM - 05	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS DEVIDO AO RESSECAMENTO NO TALUDE DE MONTANTE	Revisão:
Estrutura		
Talude de Montante		
Anomalia		
Rachaduras devido ao ressecamento		
Causas Prováveis		
O solo perde a umidade e sofre contração, causando as rachaduras, geralmente vistas na crista e talude de jusante.		
Possíveis Consequências		
Chuvas fortes podem encher as rachaduras e causar o movimento de pequenas partes do maciço.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
1. Monitorar rachaduras para o aumento no comprimento, largura e profundidade. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


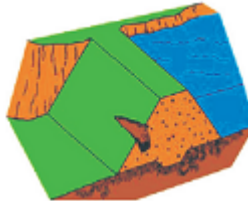
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 01	Elaboração: 18/09/2021
	DESLIZAMENTO/ENCHARCAMENTO NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:
Estrutura		
Talude de Jusante		
Anomalia		
Deslizamento / Encharcamento		
Causas Prováveis		
1. Falta ou perda de resistência do material do maciço da barragem. 2. A perda de resistência pode ser atribuída à infiltração de água no maciço ou falta de suporte da fundação		
Possíveis Consequências		
PERIGO EXTREMO Deslizamento do maciço atingindo a crista ou o talude de montante reduzindo a folga. Pode resultar no colapso do maciço ou transbordamento.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
1. Medir a extensão e o deslocamento do escorregamento. 2. Se o movimento continuar, começar a baixar o nível d'água até parar o movimento. 3. Um engenheiro qualificado deve inspecionar imediatamente a barragem e orientar as ações a serem tomadas.		
EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


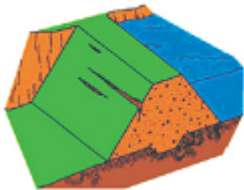
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 02</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>RACHADURAS TRANSVERSAIS NO TALUDE DE JUSANTE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Talude de Jusante		
Anomalia		
Rachaduras transversais		
Causas Prováveis		
Recalque diferenciado do maciço da barragem também provoca rachaduras transversais. Por exemplo: o centro recalcando mais que as ombreiras.		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO Rachaduras devido a recalques ou retração podem provocar infiltrações da água do reservatório através da barragem.</p>		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se necessário, obstruir a rachadura do talude de montante para prevenir a passagem de água do reservatório. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas. 		
<p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


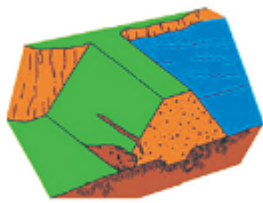
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 03</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>DESABAMENTO / COLAPSO NO TALUDE DE JUSANTE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Talude de Jusante		
Anomalia		
Desabamento / Colapso		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de uma compactação adequada. 2. Tocas de animais. 3. Piping através do maciço ou fundação. 		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO Indicação de possível erosão do maciço.</p>		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar e reparar os buracos internos criados por roedores. 2. Um engenheiro qualificado deve inspeccionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas. 		
<p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		



Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 04</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>RACHADURAS LONGITUDINAIS NO TALUDE DE JUSANTE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Talude de Jusante		
Anomalia		
Rachaduras longitudinais		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ressecamento ou retração do material de superfície. 2. Deformação para jusante devido ao recalque do maciço 		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pode ser aviso de um futuro deslizamento. 2. Recalques ou deslizamentos mostrando a perda de resistência da barragem podem provocar a sua ruína. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se as rachaduras são de ressecamento, cubra a área com material bem compactado para manter a superfície seca e a umidade natural. 2. Se as rachaduras são extensas, um engenheiro qualificado deve inspecionar o problema e recomendar outras ações a serem tomadas. 		
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		



Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 05	Elaboração: 18/09/2021
	AFUNDAMENTOS LOCALIZADOS NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:
Estrutura		
Talude de Jusante		
Anomalia		
Afundamentos localizados		
Causas Prováveis		
Resultante de erosão que descalçou uma parte do talude. Também pode ser encontrado em taludes muito íngremes.		
Possíveis Consequências		
Pode expor zonas impermeáveis à erosão e levar a novos afundamentos		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar a área em busca de infiltração. 2. Monitorar para verificar o prosseguimento da ruptura. 3. Um engenheiro qualificado deve inspeccionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas. <p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


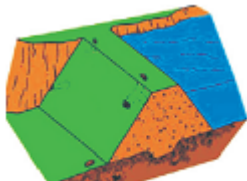
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 06</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>EROSÃO NO TALUDE DE JUSANTE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Talude de Jusante		
Anomalia		
Erosão		
Causas Prováveis		
Águas de chuvas carregam material da superfície do talude produzindo valas de erosão.		
Possíveis Consequências		
Pode ser perigosa se não for contida. Erosões podem provocar deterioração do talude de jusante e, posteriormente, a ruptura do maciço		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. O método preferido de proteção de áreas erodidas é a colocação de enrocamento ou Rip-Rap. 2. Refazer a grama de proteção se o problema for detectado no início. 		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		



Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 07</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>ÁRVORES/ARBUSTOS NO TALUDE DE JUSANTE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Talude de Jusante		
Anomalia		
Árvores/Arbustos		
Causas Prováveis		
Vegetação natural da área.		
Possíveis Consequências		
Raízes profundas podem criar caminhos para passagem de água. Arbustos podem dificultar inspeções visuais e abrigar roedores.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Remover as árvores de raízes profundas e arbustos do maciço e nas proximidades. 2. Erradicar vegetação no maciço que dificulte as inspeções visuais 		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


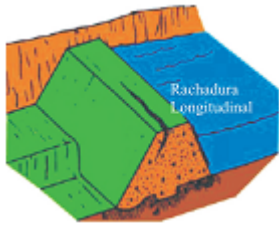
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 08	Elaboração: 18/09/2021
	ATIVIDADES DE ANIMAIS E INSETOS NO TALUDE DE JUSANTE	Revisão:
Estrutura		
Talude de Jusante		
Anomalia		
Atividades de animais e insetos		
Causas Prováveis		
Grande quantidade de animais e insetos. Buracos, túneis e cavernas são causados por tocas de animais, formigueiros e cupinzeiros. Certos habitat, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais e insetos.		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cria passagens da água superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação das áreas adjacentes, o que poderá provocar rupturas localizadas. 2. Pode reduzir o caminho de percolação da água e provocar Piping. Se os túneis atravessam a maior parte do maciço podem levar a ruptura da barragem. 3. Especialmente perigoso se os furos penetram abaixo da linha freática. Durante os períodos de elevação do nível do reservatório, o caminho de percolação pode ficar muito reduzido, o que facilitaria a ocorrência de Piping. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Controlar a população de animais e insetos para prevenir maiores danos. 2. Aterrar buracos existentes, com material adequado e bem compactado. 3. Eliminar habitat favoráveis ao desenvolvimento de espécies nocivas. 		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


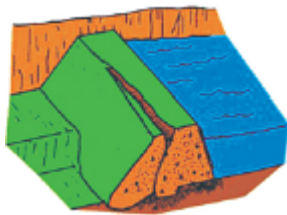
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FETJ - 09</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>TRÁFEGO DE ANIMAIS E GADO NO TALUDE DE JUSANTE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Talude de Jusante		
Anomalia		
Tráfego de animais e gado.		
Causas Prováveis		
Tráfego excessivo de animais especialmente danoso quando o talude está molhada.		
Possíveis Consequências		
Cria áreas sem proteção contra erosão. Permite que a água se acumule em determinados locais. Área suscetível a rachaduras por ressecamento.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cercar a área da barragem. 2. Reparar a proteção contra erosão com Rip-Rap ou grama. 		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


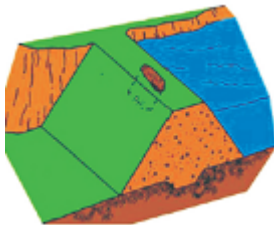
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 01	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURA LONGITUDINAL NA CRISTA	Revisão:
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Rachadura longitudinal		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Assentamentos diferentes entre seções adjacentes ou zonas do maciço da barragem. 2. Falha na fundação causando perda de estabilidade. 3. Estágios iniciais de deslizamentos do maciço. 		
Possíveis Consequências		
PERIGO <ol style="list-style-type: none"> 1. Cria local de pouca resistência no interior da barragem, que pode ser o ponto de início de um futuro movimento, deformação ou ruptura do maciço. 2. Cria uma passagem da água superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação da área adjacente, o que poderá provocar uma ruptura localizada. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar frequentemente. 2. Um engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. As rachaduras da superfície da crista devem ser seladas para prevenir infiltração da água superficial. 4. Monitorando rotineiramente a crista (visualmente e por meio de instrumentação) para identificar indícios de rachaduras. 		
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


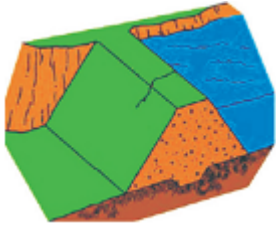
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 02</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>DESLOCAMENTO VERTICAL NA CRISTA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Deslocamento vertical		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Movimento vertical entre seções adjacentes do maciço da barragem. 2. Deformação ou falha estrutural, causados por instabilidade estrutural ou falha na fundação. 		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO EXTREMO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cria uma área local de pouca resistência no interior do maciço que pode causar futuros movimentos. 2. Ruptura do maciço. 3. Cria um ponto de entrada para a água superficial que futuramente poderá contribuir na ruptura do maciço. 4. Reduz a seção transversal efetiva da barragem. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuidadosamente inspecionar o deslocamento e anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. 2. Um engenheiro deve imediatamente determinar a causa do deslocamento e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Escavar a área até o fundo do deslocamento. Preencher a escavação usando material adequado e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro. 4. Continuar a monitorar a área rotineiramente (visualmente e por meio de instrumentação) para verificar indícios de futuras rachaduras ou movimento. 		
EXIGIDA IMEDIATA PRESEÇA DE ENGENHEIRO		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


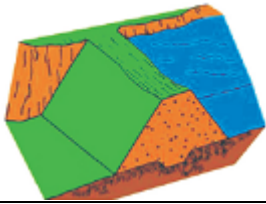
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 03</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>DESABAMENTO NA CRISTA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Desabamento		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Atividade de roedores. 2. Furos na tomada d'água estão causando erosão do material do maciço da barragem. 3. Erosão interna ou Piping do material do maciço devido à infiltração. 4. Carreamento de argila dispersiva no interior do maciço, pela água de percolação. 		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vazios dentro da barragem podem causar desabamentos, deslizamentos, instabilidade, ou reduzir a seção transversal do maciço da barragem. 2. Ponto de entrada para água superficial 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuidadosamente inspecionar o desabamento e anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. 2. Um engenheiro deve determinar a causa do desabamento e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Escavar a área que desabou, retaludando os lados, e preencher o buraco com material adequado usando técnicas de construção adequadas, sob a supervisão de um engenheiro. 		
<p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


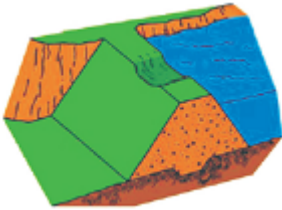
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 04</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>RACHADURAS TRANSVERSAIS NA CRISTA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Rachaduras transversais		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Movimentos desiguais das partes adjacentes do maciço. 2. Deformação causada por tensões ou instabilidade do maciço 		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pode criar um caminho para infiltração na direção transversal do maciço. 2. Cria área de baixa resistência no interior do maciço. Daí poderá se iniciar futura deformação, movimento ou ruptura. 3. Permite um ponto de entrada para água de escoamento superficial. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar frequentemente. 2. Um engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Escavar a crista ao longo da rachadura até ultrapassar o fundo da rachadura. Preencher a escavação usando material adequado e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro. Isso irá selar a rachadura contra infiltração e escoamento superficial. 4. Continuar monitorando rotineiramente a crista para verificar indícios de rachaduras. 		
<p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


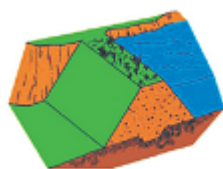
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 05</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>CRISTA DESALINHADA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Crista desalinhada		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Movimentos entre partes adjacentes do maciço. 2. Deformação estrutural ou ruptura próxima à área do desalinhamento. 		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desalinhamento é normalmente acompanhado de depressões na crista que reduzem a folga ao transbordamento. 2. Pode produzir áreas localizadas de baixa resistência do maciço que pode provocar ruptura do maciço. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Instalar marcos na crista para determinar a exata localização e extensão do desalinhamento na crista. 2. Um engenheiro deve determinar a causa do desalinhamento e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Após as medidas remediadoras, monitorar periodicamente os marcos (caso não existam devem ser instalados) da crista para detectar possíveis movimentos futuros. <p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		



Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 06	Elaboração: 18/09/2021
	DEPRESSÕES NA CRISTA	Revisão:
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Depressões na crista da barragem		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Assentamento excessivo no maciço ou fundação diretamente abaixo da área da depressão. 2. Erosão interna do maciço da barragem. 3. Deformação do maciço de fundação no sentido jusante ou montante. 4. Erosão pelo vento contínuo na área da crista. 5. Terraplanagem final inadequada na construção. 		
Possíveis Consequências		
Reduz a folga da barragem, ou seja, reduz a diferença entre a cota do coroamento do maciço e a cota da superfície da água no reservatório quando o vertedouro estiver com vazão máxima.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estabelecer marcos ao longo da crista para determinar a exata localização e extensão do assentamento na crista. 2. Um engenheiro deve determinar a causa da depressão na crista e supervisionar as medidas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Restabelecer a cota da crista de maneira uniforme preenchendo as áreas com depressões utilizando técnicas construtivas adequadas, sob a supervisão de um engenheiro. 4. Restabelecer e monitorar os marcos da crista da barragem para detectar possível recalque no futuro. 		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


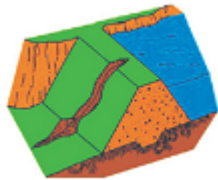
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 07</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>VEGETAÇÃO EXCESSIVA NA CRISTA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Vegetação excessiva		
Causas Prováveis		
Negligência com a barragem e falta de procedimentos de manutenção adequados.		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Esconde partes da barragem, dificultando uma adequada inspeção visual de todo o maciço e possibilitando o desenvolvimento de problemas que somente serão detectados quando a segurança da barragem já estiver ameaçada. 2. As raízes que penetram no maciço se decompõem quando a vegetação morre, criando caminhos preferenciais para a percolação. 3. Dificulta o acesso a todas as áreas da barragem para operação, manutenção e inspeção. 4. Serve de habitat para roedores 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Remover toda vegetação existente, com exceção da grama que deve ser preservada para ajudar a combater a erosão superficial. As raízes devem ser retiradas até a profundidade que seja praticável as escavações. O reaterro deve ser feito com material adequado e bem compactado. 2. Um programa de manutenção deve ser estabelecido para evitar o surgimento de nova vegetação indesejável no futuro. 3. O material cortado deve ser removido para fora da área da barragem. 		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


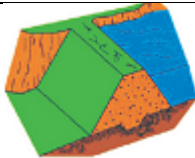
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 08</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>BURACOS DE ANIMAIS E INSETOS NA CRISTA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Buracos de animais e insetos		
Causas Prováveis		
<p>Grande quantidade de animais e insetos. Buracos, túneis e cavernas são causados por tocas de animais, formigueiros e cupinzeiros. Certos habitat, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais e insetos.</p>		
Possíveis Consequências		
<p>1. Cria passagens da água superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação das áreas adjacentes, o que poderá provocar rupturas localizadas. 2. Pode reduzir o caminho de percolação da água e provocar Piping. Se os túneis atravessarem a maior parte do maciço, podem levar a ruptura da barragem. 3. Especialmente perigoso se os furos penetram abaixo da linha freática. Durante os períodos de elevação do nível do reservatório, o caminho de percolação pode ficar muito reduzido, o que facilitaria a ocorrência de Piping.</p>		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<p>1. Controlar a população de animais e insetos para prevenir maiores danos. 2. Aterrar buracos existentes, com material adequado e bem compactado. 3. Eliminar habitat favoráveis ao desenvolvimento de espécies nocivas.</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


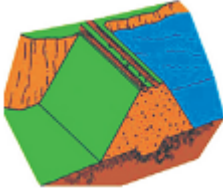
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 09</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>EROSÕES NA CRISTA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Erosões		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Material mal graduado e drenagem inadequada da crista com concentração do fluxo de água superficial diretamente sobre o maciço. 2. Capacidade inadequada do vertedouro, provocando o transbordamento da barragem. 		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pode reduzir a folga da barragem. 2. Reduz a seção transversal efetiva do maciço. 3. Dificulta o acesso a todas as partes da barragem. 4. Se resultante de transbordamento, indica uma situação de risco da barragem. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Restabelecer a folga de projeto da barragem aterrando a vala provocada pela erosão, com material adequado e bem compactado. 2. Restabelecer as inclinações previstas, no projeto, para a crista e recuperar ou implantar um sistema de drenagem superficial. 3. Se resultante de transbordamento, um engenheiro deve rever o dimensionamento e as condições atuais do vertedouro. Neste caso é EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO. 		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


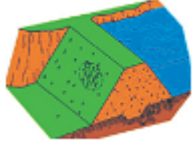
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 10	Elaboração: 18/09/2021
	RACHADURAS NA CRISTA DEVIDO AO RESSECAMENTO	Revisão:
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Rachaduras devido ao ressecamento		
Causas Prováveis		
O solo expande e contrai com a alternância dos processos de umedecimento e ressecamento que acompanham o clima. As rachaduras devido ao ressecamento são curtas, rasas, finas e numerosas.		
Possíveis Consequências		
Cria passagens da água superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação das áreas adjacentes. Esta saturação e o ressecamento subsequente poderão ocasionar o aumento das rachaduras.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Selar as rachaduras com material impermeável. 2. Recobrir a crista com uma camada de material não plástico (cascalho ou laterita). 		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


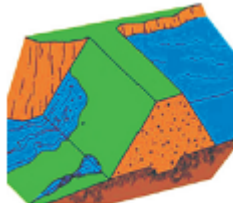
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEC- 11</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>TRILHAS AO LONGO DA CRISTA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Crista		
Anomalia		
Trilhas ao longo da crista.		
Causas Prováveis		
Tráfego de veículos pesados sem a manutenção adequada da superfície da crista.		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Dificulta o acesso a todas as áreas da barragem. 2. Ajuda o processo de deterioração da superfície da crista. 3. Permite a acumulação de água sobre a barragem, causando saturação do maciço. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Drenar a água acumulada e recompor a crista com material adequado e bem compactado. 2. Restabelecer as inclinações previstas no projeto, para a crista e recuperar ou implantar um sistema de drenagem superficial. 3. Recuperar o pavimento ou, no mínimo, aplicar uma camada de material que possa funcionar como revestimento primário (cascalho ou laterita). 		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


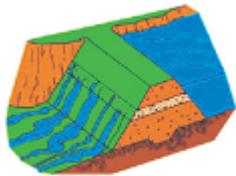
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 01	Elaboração: 18/09/2021
	MUDANÇA ACENTUADA NA VEGETAÇÃO	Revisão:
Estrutura		
Infiltrações e fugas de água na barragem		
Anomalia		
Mudança acentuada na vegetação		
Causas Prováveis		
O material do maciço na área está permitindo fluxo de água.		
Possíveis Consequências		
Pode indicar a existência de uma área saturada		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
1. Por meio de escavação manual tentar identificar se a área está mais úmida que o restante do talude. 2. Se a área estiver mais úmida que o restante do talude, um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras medidas que devam ser tomadas.		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


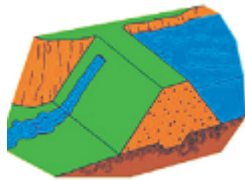
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 02	Elaboração: 18/09/2021
	GRANDE ÁREA MOLHADA OU PRODUZINDO FLUXO	Revisão:
Estrutura		
Infiltrações e fugas de água na barragem		
Anomalia		
Grande área molhada ou produzindo fluxo.		
Causas Prováveis		
Um caminho preferencial de percolação desenvolveu-se através da ombreira ou do maciço.		
Possíveis Consequências		
PERIGO 1. O aumento do fluxo pode levar à erosão do maciço e à ruptura da barragem. 2. A saturação do maciço próximo à zona de infiltração pode criar instabilidade, levando à ruptura da barragem.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
1. Inspeccionar e demarcar a área. Acompanhar para averiguar sua expansão. 2. Medir com a precisão possível alguma vazão que possa estar ocorrendo. 3. Se a área ou o fluxo aumentarem, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabilizar ou cessar. 4. Um engenheiro qualificado deve inspeccionar a barragem e recomendar outras medidas que devam ser tomadas.		
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


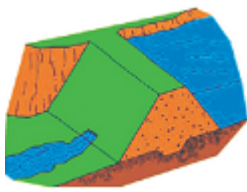
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 03</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>ÁREA MOLHADA E UMA FAIXA HORIZONTAL</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Infiltrações e fugas de água na barragem		
Anomalia		
Área molhada e uma faixa horizontal.		
Causas Prováveis		
Camada de material permeável usado na construção do maciço.		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A saturação das áreas abaixo da zona de infiltração pode instabilizar o maciço. 2. Fluxos excessivos podem provocar erosão acelerada do maciço, levando à ruptura da barragem. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Medir com a precisão possível a vazão que esteja ocorrendo. 2. Se o fluxo aumentar, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabilizar ou cessar. 3. Demarcar a área envolvida. 4. Por meio de escavação manual tentar identificar o material que está permitindo o fluxo. 5. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas. 		
<p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


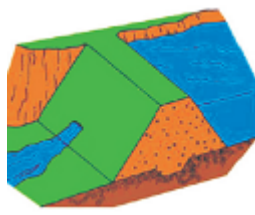
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 04</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>FUGA DE ÁGUA LOCALIZADA NA PARTE ALTA DO TALUDE</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Infiltrações e fugas de água na barragem		
Anomalia		
Fuga de água localizada na parte alta do talude		
Causas Prováveis		
Construção incorreta; esforço concentrado; deterioração do material; falhas na fundação; pressão externa excessiva.		
Possíveis Consequências		
Distúrbios no escoamento; erosão na fundação e no aterro de recobrimento; eventual desmoronamento da estrutura.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Medir a quantidade de fluxo e averiguar o transporte de materiais. 2. Se o fluxo aumentar, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabilizar ou cessar. 3. Procurar a entrada da água à montante e obstruí-la, se possível. A colocação de uma lona sobre o talude de montante e o seu recobrimento com solo lançado a partir da crista da barragem têm sido adotados com êxito em alguns casos. 4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras medidas que devam ser tomadas. 		
EXIGIDA A PRESENCIA DE ENGENHEIRO		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


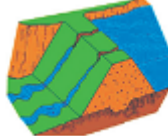
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 05</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>FUGA DE ÁGUA LOCALIZADA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Infiltrações e fugas de água na barragem		
Anomalia		
Fuga de água localizada		
Causas Prováveis		
A água encontrou ou abriu uma passagem através do maciço.		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO A continuação do fluxo pode ampliar a erosão do maciço e levar à ruptura da barragem.</p>		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspecionar cuidadosamente a área, medir a quantidade de fluxo e averiguar o transporte de materiais. 2. Se houver carreamento de material, um dreno invertido deve ser construído na área da surgência para controlar a velocidade da água e o carreamento de sólidos. 3. Caso a erosão se acentue, o nível do reservatório deve ser rebaixado. 4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar a barragem e recomendar outras medidas que devem ser tomadas. 		
<p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		



Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 06	Elaboração: 18/09/2021
	FUGA LOCALIZADA DE ÁGUA “BARRENTA”	Revisão:
Estrutura		
Infiltrações e fugas de água na barragem		
Anomalia		
Fuga localizada de água “barrenta”		
Causas Prováveis		
A água encontrou ou abriu uma passagem através do maciço e está erodindo e carreando o material do maciço.		
Possíveis Consequências		
PERIGO EXTREMO O prosseguimento do fluxo poderá causar uma erosão rápida no material do maciço resultando na ruptura da barragem.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar cuidadosamente a área, medir a quantidade de fluxo e averiguar se o carreamento de solo está aumentando. 2. Se houver carreamento de material, um dreno invertido deve ser construído na área da surgência para controlar a velocidade da água e o carreamento de sólidos. 3. Caso a erosão se acentue, o nível do reservatório deve ser rebaixado. 4. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações que devem ser tomadas. 		
EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


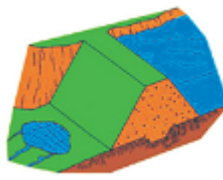
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 07</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>FUGA DE ÁGUA ATRAVÉS DE RACHADURAS PRÓXIMAS À CRISTA</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Infiltrações e fugas de água na barragem		
Anomalia		
Fuga de água através de rachaduras próximas à crista.		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Intenso ressecamento provocou o surgimento de rachaduras no topo do maciço. 2. Recalques no maciço ou na fundação estão causando rachaduras transversais. 		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO EXTREMO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A saturação abaixo da zona fraturada pode instabilizar o maciço. 2. O fluxo através da rachadura pode erodir o maciço, levando à ruptura da barragem. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Obstruir as rachaduras pelo lado de montante para estancar o fluxo. 2. O nível do reservatório deve ser reduzido até abaixo do nível das rachaduras 3. Um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as ações a serem tomadas. 		
<p>EXIGIDA IMEDIATA PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		



Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 08</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>VAZAMENTO VINDO DAS OMBREIRAS</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Infiltrações e fugas de água na barragem		
Anomalia		
Vazamento vindo das ombreiras		
Causas Prováveis		
Fluxo de água através de rachaduras ou fissuras nas ombreiras.		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pode provocar uma erosão rápida na ombreira e o esvaziamento do reservatório. 2. Pode provocar deslizamentos próximos ou à jusante da barragem. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar cuidadosamente a área para determinar a quantidade do fluxo e averiguar se existe carreamento de materiais. 2. Um engenheiro ou geólogo qualificado deve inspeccionar a barragem e recomendar outras ações a serem tomadas. 		
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO OU GEÓLOGO		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


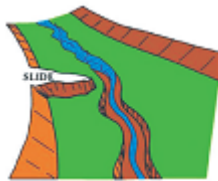
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEI - 09	Elaboração: 18/09/2021
	FLUXO BORBULHANDO A JUSANTE DA BARRAGEM	Revisão:
Estrutura		
Infiltrações e fugas de água na barragem		
Anomalia		
Fluxo borbulhando a jusante da barragem		
Causas Prováveis		
Alguma parte do maciço de fundação está permitindo a passagem da água com facilidade. Pode ser uma camada permeável formada por areia ou pedregulho existente na fundação ou mesmo fratura na rocha subjacente, que não foi tratada convenientemente quando da execução da injeção de cimento da rocha de fundação.		
Possíveis Consequências		
PERIGO O aumento do fluxo poderá causar uma erosão rápida no material da fundação resultando na ruptura da barragem.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccionar cuidadosamente a área e averiguar a quantidade de fluxo e o transporte de materiais. 2. Se houver carreamento de material, um dreno invertido deve ser construído na área da surgência para controlar a velocidade da água e o carreamento de sólidos. 3. Caso a erosão se acentue, o nível do reservatório deve ser rebaixado. 4. Um engenheiro qualificado deve inspeccionar a barragem e recomendar outras medidas que devam ser tomadas. 		
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		



Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -01</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>VEGETAÇÃO EXCESSIVA OU DETRITOS NO RESERVATÓRIO OU PRÓXIMO AO EXTRAVASOR</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Vertedouro		
Anomalia		
Vegetação excessiva ou detritos no canal		
Causas Prováveis		
Acúmulo de material escorregado, árvores mortas, crescimento excessivo de vegetação etc, no canal do vertedouro.		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Redução da capacidade de descarga, causando transbordamento lateral do vertedouro ou transbordamento da barragem. 2. O transbordamento prolongado pode causar a ruptura da barragem. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar os detritos periodicamente. 2. Controlar o crescimento da vegetação no canal do vertedouro. 3. Instalar uma rede de proteção na entrada do vertedouro para interceptar detritos. 		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


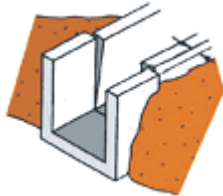
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -02	Elaboração: 18/09/2021
	CANAIS ERODIDOS	Revisão:
Estrutura		
Vertedouro		
Anomalia		
Canais erodidos		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tráfego de animais cria canais preferenciais onde o fluxo se concentra criando valas de erosão. 2. Fluxo de água turbulento ou com elevada velocidade. 3. O solo ou rocha onde foi cortado o canal do vertedouro não é suficientemente resistente à erosão. 4. A estrutura da laje de fundo do canal, no caso de canais revestidos de concreto, não foi projetada ou construída corretamente. 		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Erosões não combatidas podem provocar deslizamentos ou desabamentos que resultem na redução da capacidade do vertedouro. 2. A capacidade inadequada do sangradouro pode provocar o transbordamento da barragem e resultar na ruptura desta. 3. A erosão pode atingir o reservatório, provocando o seu rápido esvaziamento. 4. A erosão pode descalçar a estrutura de fixação da cota da soleira do vertedouro (Creager, por exemplo), levando à sua destruição e provocando uma cheia de graves consequências. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fotografar as erosões para acompanhar o seu desenvolvimento. 2. Reparar a área danificada substituindo o material erodido por aterro compactado. 3. Proteger a área contra futuras erosões colocando enrocamento ou revestindo de forma apropriada. 4. Quando o avanço da erosão ameaçar a segurança das estruturas, um engenheiro qualificado deve imediatamente inspecionar a barragem e orientar as medidas a serem tomadas. 		
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


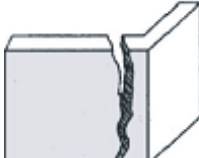
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -03</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>DESCALÇAMENTO POR EROSÃO NO FINAL DO VERTEDOURO</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Vertedouro		
Anomalia		
Descalçamento por erosão no final do vertedouro		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Configuração inadequada da bacia de dissipação. 2. Materiais altamente erosivos. 3. Falta de uma cortina de contenção no final da calha. 		
Possíveis Consequências		
<p>PERIGO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dano estrutural no vertedouro. 2. Alto custo de reparo no caso de desmoronamento da laje ou parede do vertedouro. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fazer a limpeza da área e reaterrar com bom material apropriado. 2. Colocar um enrocamento com blocos de tamanho adequado. 3. Instalar uma cortina de contenção. 4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar o vertedouro e orientar as ações a serem tomadas. 		
<p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		


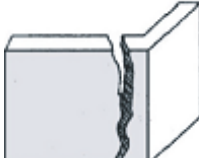
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -04	Elaboração: 18/09/2021
	PAREDE DESLOCADA	Revisão:
Estrutura		
Vertedouro		
Anomalia		
Parede deslocada		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Falha na execução. 2. Recalque diferencial da fundação. 3. Pressão excessiva do aterro ou da água. 4. Armadura insuficiente do concreto. 		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pequenos deslocamentos irão criar turbulência e redemoinho no fluxo, causando erosão no solo. 2. Grandes deslocamentos causarão rachaduras e eventual ruptura da estrutura. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconstrução deve ser feita de acordo com as práticas da engenharia. 2. A fundação deve ser cuidadosamente preparada. 3. Drenos devem ser usados para aliviar a pressão atrás da parede. 4. Armar suficientemente o concreto. Ancorar as paredes para prevenir futuros deslocamentos. 5. Limpar os drenos para assegurar sua operação adequada. 6. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento. 7. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas. <p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO</p>		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		



Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -05</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>RACHADURAS GRANDES</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Vertedouro		
Anomalia		
Rachaduras grandes		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Falha de construção. 2. Concentração localizada de tensões. 3. Deterioração localizada do material. 4. Falha na fundação. 5. Pressão excessiva do reaterro externo. 		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Turbulência no fluxo d'água. 2. Erosão na fundação e no aterro do barramento. 3. Colapso da estrutura e do barramento. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Grandes rachaduras sem grandes deslocamentos devem ser reparadas por meio de remendos. 2. Áreas ao redor devem ser limpas e cortadas antes que o material de remendo seja aplicado. 3. Instalação de drenos e outras ações podem ser necessárias. 4. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento. 5. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas. <p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO</p>		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


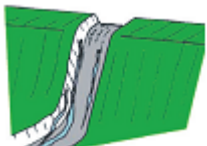
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -05</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>RACHADURAS GRANDES</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Vertedouro		
Anomalia		
Rachaduras grandes		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Falha de construção. 2. Concentração localizada de tensões. 3. Deterioração localizada do material. 4. Falha na fundação. 5. Pressão excessiva do reaterro externo. 		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Turbulência no fluxo d'água. 2. Erosão na fundação e no aterro do barramento. 3. Colapso da estrutura e do barramento. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Grandes rachaduras sem grandes deslocamentos devem ser reparadas por meio de remendos. 2. Áreas ao redor devem ser limpas e cortadas antes que o material de remendo seja aplicado. 3. Instalação de drenos e outras ações podem ser necessárias. 4. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento. 5. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas. 		
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		


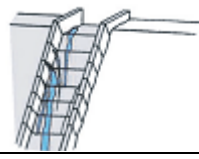
Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -07	Elaboração: 18/09/2021
	DETERIORIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO	Revisão:
Estrutura		
Vertedouro		
Anomalia		
Deteriorização da estrutura de concreto		
Causas Prováveis		
Uso de materiais impróprios ou manutenção inadequada.		
Possíveis Consequências		
A vida útil da estrutura será diminuída.		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Recuperar a estrutura do vertedouro. 2. Usar apenas agregados limpos e de boa qualidade no concreto. 3. Respeitar o recobrimento da armadura do concreto. 4. O concreto deve ser mantido molhado e protegido durante a cura. 5. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento. 6. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas. <p>EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

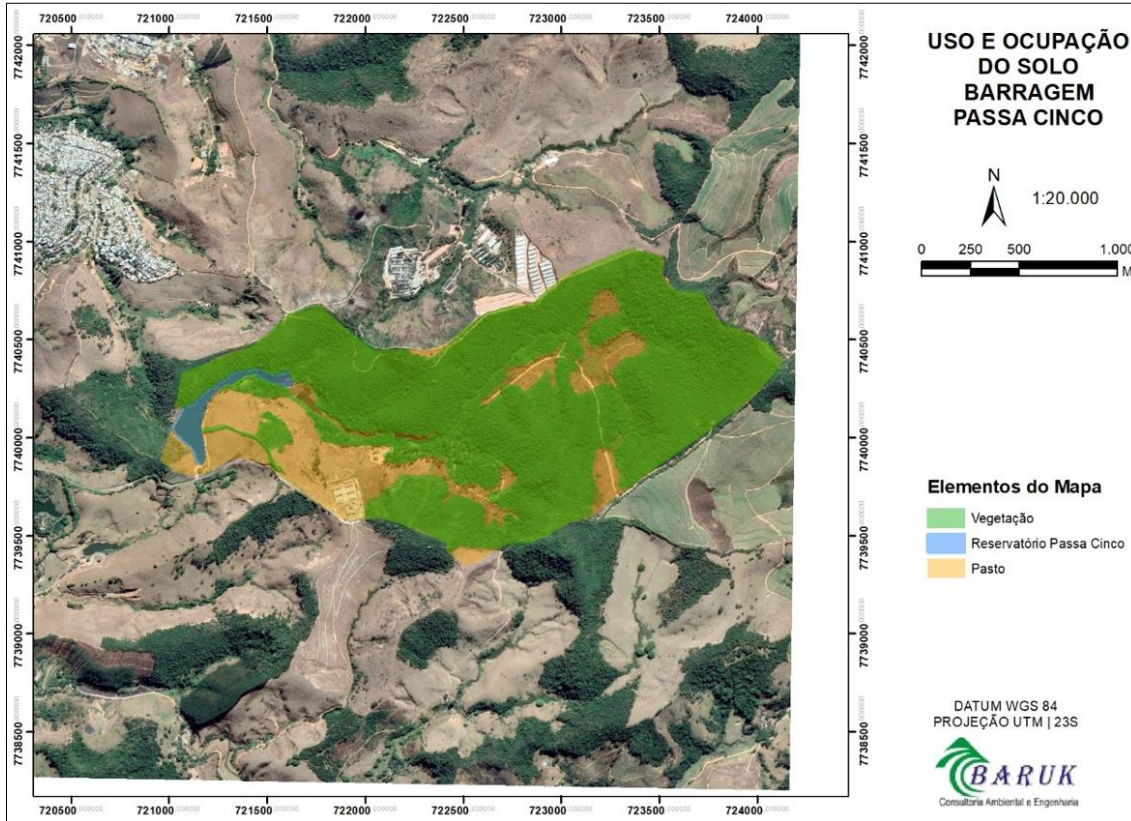
 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -04</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>VAZAMENTO DENTRO E AO REDOR DO VERTEDOIRO</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Vertedouro		
Anomalia		
Vazamento dentro e ao redor do vertedouro		
Causas Prováveis		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fendas e juntas na fundação do vertedouro estão permitindo infiltração. 2. Camadas de areia ou pedregulhos no vertedouro estão permitindo infiltração. 		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pode induzir uma perda excessiva de água armazenada. 2. Pode induzir a uma ruptura se a velocidade for alta o bastante para causar erosão dos materiais da fundação 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Examinar a área de saída do fluxo para ver se o tipo de material pode explicar o vazamento. 2. Medir a quantidade do fluxo e checar se existe erosão dos materiais da fundação. 3. Se a velocidade do fluxo ou quantidade de materiais erodidos aumentar rapidamente, o nível do reservatório deve ser abaixado até o fluxo estabilizar ou cessar. 4. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento. 5. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas. 		
<p>EXIGIDA A PRESEÇA DE ENGENHEIRO.</p>		
Fluxo de notificação		
<p><i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i></p>		

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	<p>FICHA DE ATENDIMENTO A EMERGÊNCIA - FEV -09</p>	<p>Elaboração: 18/09/2021</p>
	<p>INFILTRAÇÃO ATRAVÉS DE UMA JUNTA DE CONSTRUÇÃO OU RACHADURA DE CONCRETO</p>	<p>Revisão:</p>
Estrutura		
Vertedouro		
Anomalia		
Infiltração através de uma junta de construção ou rachaduras na estrutura de concreto.		
Causas Prováveis		
Água se acumulando atrás da estrutura devido à drenagem insuficiente ou drenos entupidos.		
Possíveis Consequências		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pode causar a inclinação ou queda das paredes. 2. Fluxo através do concreto pode conduzir a uma rápida deterioração por intemperismo. 3. Se o vertedouro está localizado no maciço, uma erosão rápida pode levar à ruptura da barragem. 		
Desenho Ilustrativo		
		
Ações Corretivas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Checar a área atrás da parede para identificar zonas saturadas. 2. Checar e limpar caso necessário, as saídas d'água e drenos internos. 3. Tamponamento da estrutura e execução de um novo sistema de vertimento. 4. Consultar um engenheiro antes de as ações serem tomadas. 		
EXIGIDA A PRESENÇA DE ENGENHEIRO.		
Fluxo de notificação		
<i>A ser definido conforme nível de segurança e risco.</i>		

Fonte: Manual de Preenchimento da Ficha de Inspeção de Barragem - Ministério da Integração Nacional, 2010.

APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO



APÊNDICE C – PLANO DE TREINAMENTO

Na concepção de um PAE, a capacitação e o treinamento dos recursos humanos são diferenciais, principalmente, no momento do atendimento emergencial. Ainda que estas atividades sejam desenvolvidas na fase de prevenção e preparação, é na fase de resposta que se observam suas importâncias.

Torna-se importante promover treinamentos internos acerca do PAE, envolvendo a equipe de segurança da barragem e os demais empregados do empreendimento, devendo manter registros destas atividades no Volume V do PSB.

Dentro deste contexto, serão realizados treinamentos e simulações a fim de permitir o conhecimento prévio das possíveis situações e os procedimentos que deverão ser adotados, quando solicitada formalmente pela Defesa Civil a Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverá estar disponível para eventual atuação. Os treinamentos ministrados durante o ano devem ser arquivados no PAE assim como sua lista de presença.

A Secretaria Nacional da Defesa Civil (SEDEC) promove, em cooperação com os órgãos de Defesa Civil, cursos de nível gerencial, técnico e operacional, exclusivos para candidatos indicados pelos órgãos ou Instituições do Sistema Nacional de Defesa Civil, envolvendo administração e planejamento para redução de desastres, capacitação em radioamador, avaliação de danos e implantação de núcleos comunitários de defesa civil.

Sugere-se que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova busque a viabilização do aperfeiçoamento técnico dos integrantes. De qualquer forma, cabe ressaltar a importância que estes treinamentos sejam particularizados para o caso em questão e que considerem o pior cenário de rompimento da Barragem Passa Cinco apresentado pela BARUK.

Outra forma importante de capacitação e treinamento está relacionada com a criação de Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDEC). A Política Nacional de Defesa Civil aponta o NUDEC como um elo importante, na medida em que possuem como finalidade implementar a integração de todo o Sistema de Defesa Civil, empresas, estabelecimentos de ensino, comunidade e instituições de segurança pública para garantir uma ação conjunta de toda a sociedade nas ações de segurança social.

Em relação às simulações caberá definir a viabilidade e necessidade de suas realizações, incluindo o envolvimento das comunidades urbanas e rurais. De qualquer forma, sugere-se que sejam realizadas simulações principalmente em relação ao desencadeamento de ações, de acordo com as atribuições e responsabilidades sugeridas no PAE.

Neste sentido, sugere-se que sejam desenvolvidas as seguintes ações específicas, em termos de capacitações, treinamentos e simulações.

- Viabilização das ações de treinamento, via Defesa Civil;
- Preparação do material;
- Definição das formas de treinamento;
- Realização dos treinamentos;
- Avaliação do tempo de resposta, considerando o desencadeamento das ações de emergência definidas;
- Avaliação da viabilidade e necessidade de realização de simulações com as comunidades urbanas e rurais.

APÊNDICE D – MEIOS E RECURSOS DISPONÍVEIS

Recursos da Prefeitura Municipal de Ponte Nova

No caso de rompimento da barragem, o corpo funcional da Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverá estar, de alguma forma, dedicado às ações de resposta. A participação dos Coordenadores (Meio Ambiente / Saúde e Segurança Ocupacional / Comunicação) é importante para subsidiar, especialmente no que diz respeito às questões ligadas à adequada operação da barragem e, conseqüente, prevenção do rompimento desta, dado que é de sua responsabilidade. Responsáveis por assegurar os recursos necessários à prevenção e ao combate de emergências, os Coordenadores devem compor o GRAC como na função de Secretários Executivos.


Fundamentalmente, a participação do Analista de Comunicação se justifica na medida em que as estratégias de preparação e divulgação de informações, assim como o relacionamento com as comunidades e imprensa, ficam sob a responsabilidade desta gerência.

No que tange aos equipamentos e recursos materiais necessários ao pleno atendimento emergencial, é inviável que a Prefeitura Municipal de Ponte Nova os tenha em sua totalidade, visto não ser esta a sua atividade. Isso porque, além de não ser parte do órgão, trata-se de recursos destinados ao atendimento de uma adversidade complexa e de extensa área de abrangência.

Deve-se levar sempre em consideração as responsabilidades e atribuições dos órgãos e entidades envolvidos neste PAE, como por exemplo: a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros, a própria Prefeitura Municipal, assim como hospitais e postos de saúde municipal.


APÊNDICE E – FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA

• O Formulário de Declaração de Início de Emergência é apresentado a seguir. Trata-se de uma declaração emitida pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova para as autoridades públicas competentes declarando o início da situação de emergência.

 <p>PREFEITURA DE PONTE NOVA</p>	FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE INÍCIO DE EMERGÊNCIA	Elaboração: / /
		Revisão:
Responsável:		
Data:		
Contatos:		


APÊNDICE F – FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA

• O Formulário de Declaração de Encerramento de Emergência é apresentado a seguir. Trata-se de uma declaração emitida pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova para as autoridades públicas competentes declarando o fim da situação de emergência.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FORMULÁRIO DE DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA	Elaboração: / /
		Revisão:
Responsável:		
Data:		
Contatos:		

APÊNDICE G – FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO


- O Formulário de Mensagem de Notificação é apresentado a seguir.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	FORMULÁRIO DE MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO		Elaboração: / /
			Revisão:
Nível de Segurança e Emergência	Marque a situação (X)	Tipo de mensagem de notificação	
Nível 1 - Detecção de anomalias que resulte na pontuação máxima de 08 (oito) pontos referente ao quadro de Estado de Conservação de acordo com o Anexo I da Resolução CNRH nº 143 nível 1 - situação potencial de ruptura está se desenvolvendo		Mensagem interna	
Nível 2 - Situação das anomalias detectadas no Nível 1, quando “não extinto” ou em evolução		Mensagem externa	
Nível 3 - Situação potencial de ruptura iminente ou está ocorrendo		Mensagem externa	
Mensagem			
Responsável:			
Data:			
Contatos:			

APÊNDICE H – FORMULÁRIO DE CONTROLE DE ATUALIZAÇÃO DO PAE

O Formulário de Controle de Atualização do PAE é apresentado a seguir.

- O PAE deverá ser atualizado sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, sempre que houver alguma mudança nos meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situação de emergência, devendo notificar as entidades identificadas sobre a mudança do coordenador do PAE.
- Deverão ser atualizados os contatos e telefones dos envolvidos no Fluxograma de notificações, bem como dos meios e recursos disponíveis para serem utilizados em situação de emergência.
- Todas as atualizações deverão ser anotadas e assinadas em folha de controle de alterações.
- No caso de mudança de titulares dos cargos que acarretará mudança de nomes e telefones, tais mudanças devem ser feitas o mais breve possível após a substituição do empregado e/ou telefone.
- O PAE deverá ser revisado por ocasião da realização de cada Revisão Periódica de Segurança de Barragem.
- A revisão do PAE implica na reavaliação da ocupação a jusante e da necessidade de elaboração de novo mapa de inundação.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA		FORMULÁRIO DE CONTROLE E ATUALIZAÇÃO DO PAE				Elaboração: / /	
						Revisão:	
Revisão	Descrição	Responsabilidade				Data	
		Por.	Ver.	Apr.	Aut.		
1							
Assinatura							
2							
Assinatura							
3							
Assinatura							
4							
Assinatura							

APÊNDICE I – RELAÇÃO DAS AUTOTRIDADES PÚBLICAS QUE RECEBERAM CÓPIA DO PAE E OS RESPECTIVOS PROTOCOLOS

Após terminada a situação de emergência, o Coordenador do PAE ou a Prefeitura Municipal de Ponte Nova deverá providenciar a elaboração do Relatório de Encerramento de Evento de Emergência, em até 60 dias, contendo, no mínimo:

I - Descrição detalhada do evento e possíveis causas;

II - Relatório fotográfico;

III - Descrição das ações realizadas durante o evento, inclusive cópia das declarações emitidas e registro dos contatos efetuados;

IV - Indicação das áreas afetadas com identificação dos níveis ou cotas altimétricas atingidas pela onda de cheia;


V - Consequências do evento, inclusive danos materiais à vida e à propriedade;


VI - Proposições de melhorias para revisão do PAE;


VII - Conclusões do evento; e


VIII - Ciência do responsável legal.

Ressalta-se que este relatório deverá ser protocolizado na Superintendência do órgão fiscalizador e anexado no Plano de Segurança da Barragem, em até 60 dias úteis após sua elaboração.

 PREFEITURA DE PONTE NOVA		RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA		Elaboração: / /	
				Revisão:	
Responsável					
Assinatura					
Descrição detalhada do evento e possíveis causas					
Relatório Fotográfico					
Foto 01:		Foto 02:		Foto 03:	
Foto 04:		Foto 05:		Foto 06:	

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA		Elaboração: / /
			Revisão:
Relatório Fotográfico			
Foto 07:	Foto 08:	Foto 09:	
Foto 10:	Foto 11:	Foto 12:	
Descrição das ações realizadas durante o evento, incluindo cópia das declarações emitidas e registros dos contatos efetuados.			

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA		Elaboração: / /
			Revisão:
Indicações das áreas afetadas com identificação dos níveis ou cotas altimétricas atingidas pela onda de cheia			
Área	Identificação		Níveis/cotas atingidas
Consequências do evento, inclusive danos materiais à vida e à propriedade.			
Proposições de melhorias para revisão do PAE			

 PREFEITURA DE PONTE NOVA	RELATÓRIO DE ENCERRAMENTO DE EVENTO DE EMERGÊNCIA	Elaboração: / /
		Revisão:
Conclusões do evento		
Ciência do responsável		
Nome		
Assinatura		
Data		
<p>Lembrete importante: Protocolar este relatório na Superintendência do órgão fiscalizador e anexá-lo ao Plano de Segurança da Barragem, em até 15 dias úteis da sua elaboração.</p>		

APÊNDICE K – LISTA DE CONTATOS

Contato	Endereço	Telefone
Coordenador PAE	Avenida Mario Martins de Freitas, 401 – Bairro Guarapiranga, Ponte Nova/MG	(31) 3817-1896 (31) 98450-3333
Coordenador PAE Substituto	Avenida Mario Martins de Freitas, 401 – Bairro Guarapiranga, Ponte Nova/MG	(31) 3817-1896 (31) 98534-6353
Prefeitura Municipal de Ponte Nova	Avenida Caetano Marinho, 306 – Bairro Centro, Ponte Nova/MG	(31) 3891-5454
Secretaria do Meio Ambiente – Ponte Nova	Avenida Mario Martins de Freitas, 401 – Bairro Guarapiranga, Ponte Nova/MG	(31) 3817-1896
Defesa Civil Municipal	Avenida Caetano Marinho, 306 – Bairro Centro, Ponte Nova/MG	(31) 3891-5454 (31) 99893-2463
Secretário Municipal de Meio Ambiente	Avenida Mario Martins de Freitas, 401 – Bairro Guarapiranga, Ponte Nova/MG	(31) 3817-1896 (31) 98782-3298
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - MG	Rodovia Pref. Américo Gianetti, s/n. - Prédio Minas - 10º andar - Bairro Serra Verde, Belo Horizonte/MG	(31) 3915-0247
		(31) 9818-2400
SEMAD/FEAM/IGAM/IEF	Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n Bairro Serra Verde - Belo Horizonte/MG	(31) 3915-1904 - SEMAD
		(31) 3915-1217 - FEAM
		(31) 3915-1252 - IGAM
		(31) 3915-1159 - IEF
Núcleo de Emergências Ambientais (NEA) da FEAM	Prédio Minas 2º andar.	(31) 9822-3947
	Cidade Administrativa do Estado de Minas Gerais, Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n. Bairro Serra Verde - Belo Horizonte/MG.	(31) 9825-3947
Polícia Militar (Ponte Nova)	Avenida Nossa Senhora das Graças, 651 – Bairro Guarapiranga, Ponte Nova/MG	190
		(31) 3604-1960
Polícia Civil (Ponte Nova)	Rua Felisberto Leopoldo, 262 – Bairro Santa Tereza, Ponte Nova/MG	(31) 3817-1599
Corpo de Bombeiros Militar (Ponte Nova): 2º Pelotão BM - Ponte Nova	Avenida Engenheiro Afonso Vascelos, 1500 - Bairro CDI - Ponte Nova/MG	(31) 3881-4667
		(31) 3817-2463
Corpo de Bombeiros Militar (Belo Horizonte): 3ª Pelotão Santa Lucia	Avenida Artur Bernardes, 1461 - Santa Lucia - Belo Horizonte/MG	193
		(31) 3293-3448
Corpo de Bombeiros Militar (Belo Horizonte): 1º Batalhão de Bombeiro Militar	Rua Piauí, 1815 - Cruzeiro - Belo Horizonte/MG	(31) 3289-8000
Ministério Público do Estado de Minas Gerais, 4ª Promotoria de Justiça de Ponte Nova - Curadoria do Meio Ambiente	R. Vig. Miguel Chaves, 17 - Centro, Ponte. Nova - MG	(31) 3881-3838
Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Coordenadoria Regional da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente das Bacias do Rio Doce	Rua Vereador Omar Magalhães, 864 – Bairro Santa Terezinha – Governador Valadares/MG	(31) 3330-8450
Departamento Municipal de Água, Esgoto e Saneamento - DMAES	Rua Ernesto Trivelato, 158 - Bairro Triangulo – Ponte Nova - MG.	(31) 3819-5350
SUPRAM Central Metropolitana	Rua Espírito Santo, 495, Centro - Belo Horizonte - MG	(31) 3228-7700
Hospital Arnaldo Gavazza	Avenida Dr. José Grossi, 16 – Bairro Guarapiranga, Ponte Nova/MG	(31) 3819-5001

APÊNDICE L – CRONOGRAMA

Neste item é apresentado o cronograma de implementação do PAE, que em termos macro considera o desenvolvimento das seguintes atividades, ao longo de 12 meses:

Atividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Formação do GRAC e integração com instituições												
Realização dos contatos iniciais para os possíveis membros sugeridos como permanentes do GRAC	■											
Definição dos participantes do GRAC (nomes dos membros permanentes)		■										
Reconhecimento da área de inundação pelo GRAC em observância às vias, tendo como material de apoio o material cartográfico existente.			■									
Realização de reuniões para discussão das atribuições e responsabilidades de cada um dos membros permanentes				■								
Definição dos participantes que irão compor as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil				■								
Articulação pelos membros permanentes com as entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil				■	■							
Formalização de convite às entidades de apoio e demais organizações da sociedade civil					■							
Realização de reuniões para discussão das atribuições e responsabilidades de cada uma das entidades de apoio e demais órgãos da sociedade civil, revisando o PAE, se necessário.					■							
Divulgação do Plano e estabelecimento de ações para contato com a comunidade												
Definição dos conteúdos e elaboração dos materiais de disseminação das ações de comunicação social junto às comunidades acerca da Barragem Passa Cinco – Prefeitura Municipal de Ponte Nova e suas interações socioambientais	■	■	■	■	■							
Deflagração efetiva das ações de Comunicação Social com a apresentação da Barragem Passa Cinco - Prefeitura Municipal de Ponte Nova e suas interações socioambientais					■							
Identificação e definição dos representantes comunitários para composição do GRAC						■						
Definição dos conteúdos e elaboração dos materiais de disseminação do PAE para as comunidades							■					

Atividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Convocação das comunidades potencialmente atingidas para participação nas apresentações do PAE												
Apresentação do PAE para as comunidades												
Divulgação das ações previstas de contingência e dos equipamentos potencialmente utilizáveis												
Estabelecimento das formas definitivas ou atuais de contato com o público												
Aquisição de equipamentos e sinalização												
Avaliação dos recursos internos externos disponíveis												
Avaliação da necessidade de aquisição de novos recursos												
Aquisição de equipamentos												
Criação do sistema de comunicação com os participantes (telefones e alarmes)												
Validação dos procedimentos preventivos e de atendimento de emergência												
Sinalização das vias de acesso específicas às áreas potencialmente atingidas												
Capacitações, treinamentos e simulações												
Viabilização das ações de treinamento do GRAC, via Defesa Civil												
Preparação do material												
Definição das formas de treinamento												
Realização dos treinamentos												
Avaliação do tempo de resposta, considerando o desencadeamento das ações de emergência definidas e a mancha de inundação fornecida pelo <i>Dam Break</i> .												
Procedimentos de previsão de ocorrência de chuvas e realização de batimetrias e demais fatos motivadores												
Definição/ratificação dos fatos motivadores relativos a cada Nível de Segurança e Risco e das respectivas ações de emergência												

Atividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Manual de Operações da Barragem – Revisão												
Procedimentos de operação, inspeção, monitoramento e intervenções da Barragem	■	■	■	■								
Auditorias												
Contratação de equipe das auditorias						■						
Revisões												
Definição do responsável pela revisão						■						
Estratégias de recuperação												
Criação do GRACPA							■					
Realização de contatos com instituições								■				

RELATÓRIO TÉCNICO
MANUAL DE INSTRUMENTAÇÃO
BARRAGEM PASSA CINCO
PONTE NOVA - MG

NOVEMBRO DE 2021

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	2
2	INSPEÇÕES DE CAMPO.....	3
2.1	INSPEÇÕES SUPERFICIAIS DO DIQUE.....	3
2.2	AVALIAÇÃO DE INSPEÇÕES REGULARES.....	4
3	LEITURA DOS INSTRUMENTOS.....	4
3.1	INDICADORES DE RECALQUE NO MACIÇO.....	4
3.2	PIEZÔMETROS (PZ'S) E INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA (INA'S).....	5
3.2.1	<i>Como proceder as leituras</i>	5
3.2.2	<i>Registros das leituras</i>	6
3.3	DISPOSITIVOS DE MEDIDAS DE VAZÕES	6
4	MANUTENÇÃO DA BARRAGEM.....	7
4.1	CHECK LIST DA INFRAESTRUTURA OPERACIONAL.....	9
4.2	MODELO DE FOLHA DE CAMPO PARA LEITURA DE INSTRUMENTOS.....	15
4.3	MODELO DE FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO	16
4.4	MODELO DE FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO	17

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para manual dos instrumentos a serem instalados na “**Barragem Passa Cinco**” que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Atualmente a Barragem Passa Cinco não possui nenhum instrumento instalado, mas o projeto de adequação realizado pela Baruk, é proposto a instalação de 4 instrumentos, sendo 2 INA's e 2 PZ's para monitoramento da barragem. Deste modo, este presente documento, visa propor níveis de controle através destes instrumentos para monitoramento da barragem.

A seguir será apresentada a descrição das atividades rotineiras de inspeção e monitoramento da Barragem conforme orientações do “Manual de Segurança e Inspeção de Barragens” da Secretaria de Infraestrutura Hídrica do Ministério de Integração Nacional.

Este documento apresenta a proposição de modelos de fichas específicas que tem por objetivo facilitar e padronizar esta atividade, conforme manual supracitado.

2 INSPEÇÕES DE CAMPO

Todo o sistema, constituído pela barragem Passa Cinco e seus componentes, tais como ombreiras, taludes de montante e de jusante, sistema extravasor, drenagem superficial e outros elementos julgados importantes, deveram ser objetos de inspeções visuais, as quais devem ser repetidas periodicamente por equipe técnica devidamente habilitada para esta função.

2.1 INSPEÇÕES SUPERFICIAIS DO DIQUE

Quando forem ser executadas as inspeções do maciço, ombreiras, bacias de contribuição e de acumulação da barragem, devem-se atentar para a observação dos seguintes itens:

- i. Existência de erosões superficiais (ravinamentos) nos taludes, ombreiras, canais vertedores etc.;
- ii. Existência de erosões superficiais no talude de montante e nos taludes próximos às estruturas de concreto, provocadas pelo efeito das ondas do reservatório ou chuvas;
- iii. Existência de surgências d'água ao longo do talude de jusante, observando eventuais variações de vazões;
- iv. Existência de regiões saturadas na superfície do talude de jusante e nas ombreiras, indicadas pela coloração e intensidade da vegetação;
- v. Existência de trincas, deslizamentos e depressões na crista, nos taludes e bermas;
- vi. Existência de obstruções, assoreamento e rachaduras, nas canaletas de drenagem pluvial, descidas d'água do corpo da barragem e das ombreiras;

- vii. Existência de erosões, no contato das canaletas de drenagem com o terreno de apoio;
- viii. Estado de conservação da vegetação de proteção dos taludes do maciço e das ombreiras;
- ix. Existência de movimentos de massa ao longo da bacia de contribuição do reservatório;
- x. Existência de vegetação invasiva ou de outros elementos estranhos à bacia de acumulação da barragem.

O item 4.1 deste anexo apresenta o modelo de ficha de inspeção de campo, conforme as observações relevantes a serem obtidas nas inspeções a serem realizadas. A referida ficha tem como referência o modelo sugerido no manual de inspeção supracitado.

2.2 AVALIAÇÃO DE INSPEÇÕES REGULARES

A Prefeitura de Ponte Nova deverá armazenar os relatórios de inspeções quinzenais executados e registro de manutenções realizadas, que devem ser anexas ao Volume III da Revisão do Plano de Segurança de Barragens (PSB).

3 LEITURA DOS INSTRUMENTOS

3.1 INDICADORES DE RECALQUE NO MACIÇO

A leitura dos marcos superficiais deverá ser executada e o controle dos deslocamentos será realizado por um marco fixo, no terreno natural, ou seja, que não estará sujeito à influência de obras que possam acontecer na barragem, em local que permita fácil visualização dos demais marcos superficiais do aterro e que já deve ser especificado. As leituras devem ser realizadas com as seguintes recomendações:

- Recomenda-se a utilização de estação total ou teodolito, pois a precisão das leituras realizadas, juntamente com a metodologia, deve situar-se na casa dos décimos de milímetro;
- O nivelamento (para deslocamentos verticais ou horizontais) deverá ser feito com auxílio do marco fixo, em terreno natural;
- Os deslocamentos verticais são medidos por nivelamento geométrico;
- Os deslocamentos horizontais são por triangulação;
- Após a leitura dos deslocamentos, deve-se comparar essas leituras com as anteriores, avaliando se os deslocamentos estão aceitáveis para a estrutura;
- Caso sejam identificados grandes deslocamentos, recomenda-se uma melhor avaliação e uma releitura dos instrumentos, caso a barragem ainda esteja em condições estáveis;
- Deve ser realizado uma verificação em campo de alguma anomalia que possa indicar eventual instabilidade do maciço.

3.2 PIEZÔMETROS (PZ'S) E INDICADORES DE NÍVEL D'ÁGUA (INA'S)

3.2.1 COMO PROCEDER AS LEITURAS

As leituras dos instrumentos deverão seguir a seguinte sequência:

- Medir o nível exato do N.A. no reservatório;
- Introduzir a ponteira no tubo de leitura com o ohmímetro ligado;
- Interromper a descida da ponteira no tubo quando o ohmímetro acusar o nível d'água;
- Tomar cuidados especiais ao fazer as leituras para que a umidade na parede do tubo não dê sinal no ohmímetro e falseie o resultado;
- Ler na boca do tubo de leitura o valor exato do comprimento do cabo elétrico, introduzido no tubo;
- Desligar o ohmímetro;
- Anotar o número do instrumento, o nível da boca do tubo de leitura e o comprimento do cabo elétrico, da boca do tubo ao nível d'água;

- Comparar estas leituras com as anteriores, a fim de eliminar qualquer possibilidade de erros grosseiros.

Serão necessários os seguintes equipamentos para proceder às leituras dos INA's e PZ's:

- Píolo Elétrico (30 metros);
- Tablet com o Software GeoInspector ou similar instalado ou ficha de inspeção conforme modelo em anexo.

3.2.2 REGISTROS DAS LEITURAS

Os dados e cálculos das fichas de acompanhamento deverão ser completamente preenchidos no Software GeoInspector ou similar ou ainda ficha de inspeção conforme modelo em anexo, anotando-se os dados relativos à instalação: número do instrumento, data de instalação, coordenadas e elevações do instrumento, data da leitura e medida da profundidade do nível d'água (em metros).

Quaisquer outras observações, julgadas importantes durante a inspeção, deverão ser anotadas e transcritas no programa.

O item 4.2 deste anexo traz um modelo da ficha de campo, para leitura e acompanhamento dos piezômetros, com sugestões de complementação com gráficos ilustrativos, que podem ser utilizados caso não haja o Software GeoInspector ou similar.

3.3 DISPOSITIVOS DE MEDIDAS DE VAZÕES

Foram recomendados a execução de instrumento para o monitoramento das vazões percoladas pelo maciço ou fundação. Recomenda-se realizar o controle das vazões percoladas e superficiais como elemento complementar à interpretação da estabilidade da estrutura. Um modelo de folha de acompanhamento de campo é sugerido no Item 4.4.

A periodicidade de leitura sugerida para o instrumento manual é quinzenal no intuito de compor histórico de leituras que contribuiu para o controle das condições de drenagem da estrutura mediante análise quantitativa e qualitativa das vazões percoladas. Recomenda-se que este acompanhamento seja feito de forma sistemática segundo orientações apresentadas a seguir:

- As leituras desses instrumentos deverão ser executadas com régua graduada de precisão, na caixa de coleta, a pelo menos 1 metro afastado da chapa (para montante), de forma que a leitura não seja comprometida pelo escoamento turbulento na saída da chapa;
- Na ocorrência de regime hidráulico variável a montante do indicador, deve-se providenciar à instalação de um tranquilizador de fluxo (caixa de brita ou outro);
- A base de abertura da chapa deverá ser posicionada acima da superfície d'água máxima possível, para jusante, a fim de se evitar que o indicador trabalhe afogado;
- O comprimento do canal deverá ser, pelo menos, 10 vezes a largura de água no indicador de vazão;
- A altura d'água no canal, antes da chapa, deverá ser duas vezes a máxima altura a ser medida;
- O canal de aproximação deverá estar sempre livre de sólidos e sedimentos;
- Os locais onde serão instalados os indicadores de vazão exigem frequentes operações de limpeza e remoção de vegetação, de tal sorte a se assegurar condições satisfatórias de acesso e de operação do indicador.

4 MANUTENÇÃO DA BARRAGEM

Após cada inspeção na Barragem, um especialista deverá indicar os serviços de manutenção que julgar necessários, na previsão de qualquer tipo de degradação do maciço ou destruição de dispositivos instalados.

Os serviços de manutenção de rotina incluem:

- Corte e conservação dos gramados;
- Reaterro de erosões superficiais;

- Desobstrução e limpeza de canaletas de drenagem;
- Remoção de entulhos e obstruções no sistema extravasor (canal de aproximação e canal extravasor de emergência).

Os serviços de manutenção especiais, caso necessário, deverão ser executados conforme recomendações dos relatórios de inspeção e de projetos específicos.

4.1 CHECK LIST DA INFRAESTRUTURA OPERACIONAL

EMPRESA:												
BARRAGEM:												
REGIÃO:												
VISTORIADO POR:												
DATA DA VISTORIA:												
FOLHA 1/6												
ANOMALIA				SITUAÇÃO						NP	CAUSA	
A - MACIÇO DA BARRAGEM												
A.1 - Talude de Montante												
Erosões	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Escorregamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Trincas/a fundamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Árvores e arbustos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Sinais de deslocamentos do maciço	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
A.2 – Coroamento												
Erosões	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Falta de revestimentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Trincas/a fundamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Pavimentação incompleta ou, destruída	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Revestimento vegetal incompleto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Árvores e arbustos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Defeitos de drenagem	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Defeitos de meio-fio	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Sinais de deslocamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
Ameaça de galgamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI			
SITUAÇÃO						NÍVEL DE PERIGO: (NP)*						
NA - Não Aplicável						0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia						
NE - Não Existente												
PO - Primeira Ocorrência						1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento						
A(=) – Anomalia Recorrente												
AS – Anomalia solucionada						2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior						
PC – Anomalia Permaneceu constante												
A(-) – Redução da Anomalia						3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata						
A(+) – Agravamento da Anomalia												
NI - Não Inspeccionado (justificar)												

BARRAGEM:											
FOLHA 2/6											
ANOMALIA			SITUAÇÃO							NP	CAUSA
A.3 - Talude de Jusante											
Erosões	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Escorregamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Trincas/a fundamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Falta de proteção vegetal	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Árvores e arbustos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos de drenagem	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Erosão no encontro com as ombreiras	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Ocas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Sinais de deslocamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Sinais de surgência ou áreas úmidas	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
A.4 - Região a Jusante da barragem											
Construções irregulares próximas à barragem	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Árvores e arbustos na faixa de 10 m do pé da barragem	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
A.5 - Instrumentação											
Acesso comprometido	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Indicadores de Nível D'água ou piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Medidores de nível d'água do reservatório defeituosos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Falta de instrumentação	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Comentários:											
SITUAÇÃO						NÍVEL DE PERIGO: (NP)*					
NA - Não Aplicável						0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia					
NE - Não Existente											
PO - Primeira Ocorrência						1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento					
A(=) – Anomalia Recorrente											
AS – Anomalia solucionada						2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior					
PC – Anomalia Permaneceu constante											
A(-) – Redução da Anomalia						3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata					
A(+)- Agravamento da Anomalia											
NI - Não Inspeccionado (justificar)											

BARRAGEM:											
FOLHA 3/6											
ANOMALIA	SITUAÇÃO									NP	CAUSA
B - RESERVATÓRIO											
Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Construções em áreas de proteção	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Poluição por esgoto, lixo, entulho, etc.	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Erosões	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Assoreamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Deslizamentos nas margens	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Desmatamentos na área de proteção	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Gado pastando	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Comentários:											
SITUAÇÃO						NÍVEL DE PERIGO: (NP)*					
NA - Não Aplicável						0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia					
NE - Não Existente											
PO - Primeira Ocorrência						1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento					
A(=) – Anomalia Recorrente											
AS – Anomalia solucionada						2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior					
PC – Anomalia Permaneceu constante											
A(-) – Redução da Anomalia						3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata					
A(+) – Agravamento da Anomalia											
NI - Não Inspecionado (justificar)											

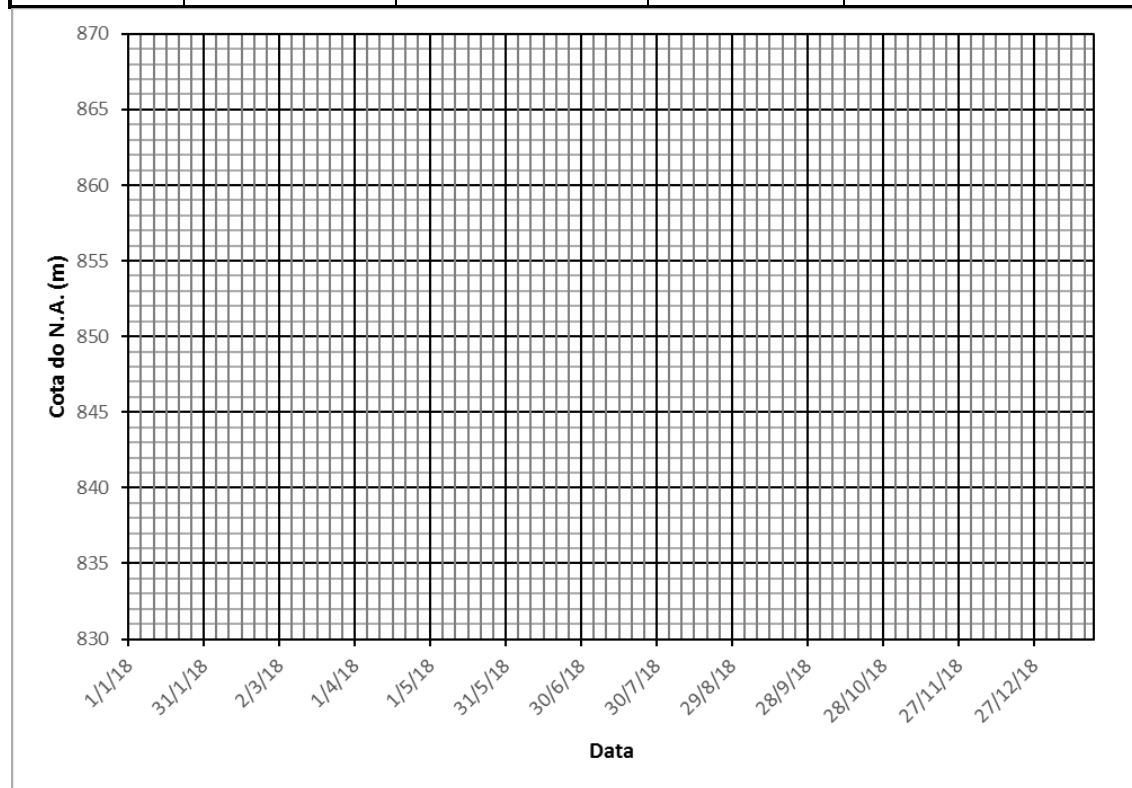
BARRAGEM:											
FOLHA 4/6											
ANOMALIA			SITUAÇÃO						NP	CAUSA	
C - EXTRAVASOR											
C.1 – Tomada D'água/ Torre /Canal de Aproximação											
Assoreamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Obstrução e entulhos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Torre danificada	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Falta de grade de proteção	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos na grade	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos na estrutura	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Registros defeituosos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos no acionamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Falta de volante de acionamento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos nas comportas	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
C.2 – Galeria											
Corrosão e vazamentos na galeria	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos nas juntas	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Deformação das paredes laterais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Desalinhamento das paredes laterais	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Precriedade de acesso	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Presença de entulho dentro da galeria	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Trincas no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Surgência de água junto à galeria	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
C.3 – Canal Principal											
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Sinais de fadiga ou perda de resistência	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Construções irregulares	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Precriedade de acesso	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
SITUAÇÃO						NÍVEL DE PERIGO: (NP)*					
NA - Não Aplicável						0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia					
NE - Não Existente											
PO - Primeira Ocorrência						1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento					
A(=) – Anomalia Recorrente											
AS – Anomalia solucionada						2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior					
PC – Anomalia Permaneceu constante											
A(-) – Redução da Anomalia						3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata					
A(+) – Agravamento da Anomalia											
NI - Não Inspeccionado (justificar)											

BARRAGEM:											
FOLHA 5/6											
ANOMALIA			SITUAÇÃO						NP	CAUSA	
C.3 – Canal Principal (cont.)											
Presença de entulho	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Defeitos na cerca de proteção	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
C.4 – Bacia de amortecimento											
Defeitos no concreto	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Erosões ou escorregamentos	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Obstruções	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Comentários:											
SITUAÇÃO						NÍVEL DE PERIGO: (NP)*					
NA - Não Aplicável						0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia					
NE - Não Existente											
PO - Primeira Ocorrência						1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento					
A(=) – Anomalia Recorrente											
AS – Anomalia solucionada						2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior					
PC – Anomalia Permaneceu constante											
A(-) – Redução da Anomalia						3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata					
A(+)- Agravamento da Anomalia											
NI - Não Inspeccionado (justificar)											

BARRAGEM:											
FOLHA 6/6											
ANOMALIA				SITUAÇÃO						NP	CAUSA
D – ESTRADAS DE ACESSO											
Estado do pavimento	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Drenagem superficial das vias	NA	NE	PO	A(=)	AS	PC	A(-)	A(+)	NI		
Comentários:											
SITUAÇÃO						NÍVEL DE PERIGO: (NP)*					
NA - Não Aplicável						0 – nenhum – Não existe perigo associado à anomalia					
NE - Não Existente											
PO - Primeira Ocorrência						1 – atenção – Existe algum perigo mas passível de monitoramento					
A(=) – Anomalia Recorrente											
AS – Anomalia solucionada						2 – alerta – Existe perigo e deve ser comunicado imediatamente à instância superior					
PC – Anomalia Permaneceu constante											
A(-) – Redução da Anomalia						3 – emergência – Existe perigo que necessita de ação corretiva imediata					
A(+) – Agravamento da Anomalia											
NI - Não Inspeccionado (justificar)											

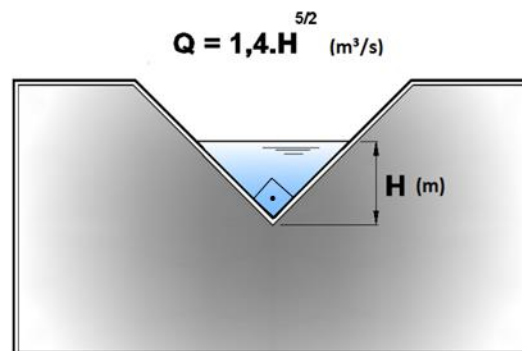
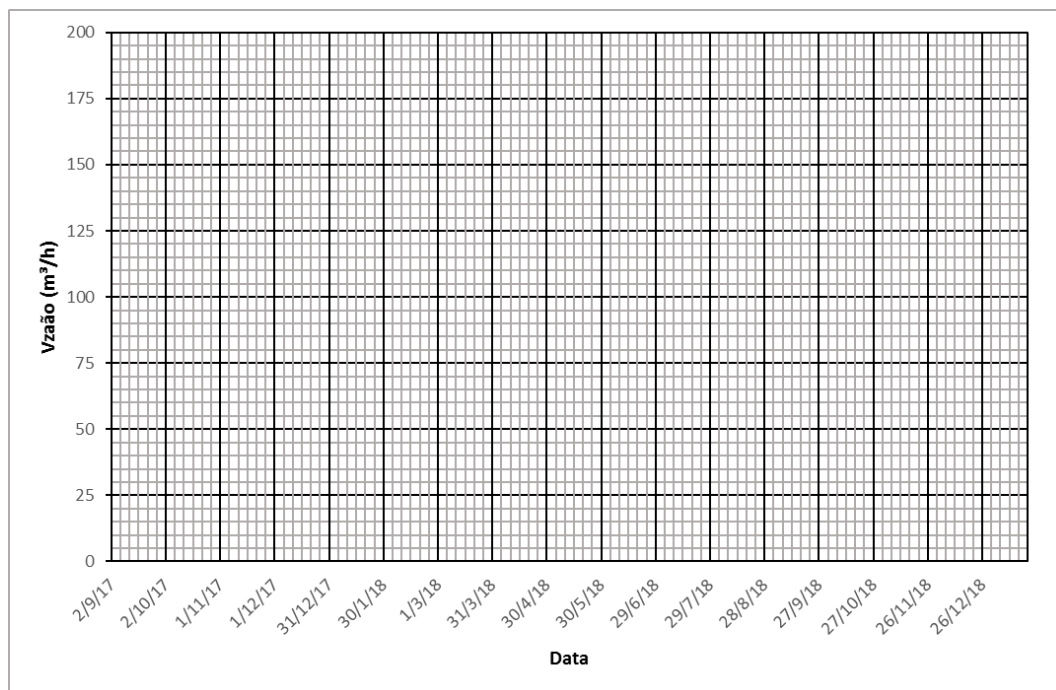
4.3 MODELO DE FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DA INSTRUMENTAÇÃO

Instrumento	DADOS DE INSTALAÇÃO					
	Data	Profundidade (m)	Cota da boca do tubo (m)	Cota de alerta do N.A. (m)	Localização (UTM)	
					E	N
DADOS DE LEITURA						
Data	Profundidade do N.A. no tubo (m)	Cota do N.A. (m)	Cota do N.A. do Reservatório (m)	Observações		



4.4 MODELO DE FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO

DADOS DE LEITURA				
Data	H (m)	Vazão (m ³ /s)	Vazão (litros/s)	Observações



**RELATÓRIO TÉCNICO
NÍVEL DE CONTROLE
BARRAGEM PASSA CINCO
PONTE NOVA - MG**

NOVEMBRO DE 2021

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	OBJETIVO.....	3
3	LOCALIZAÇÃO.....	4
4	METODOLOGIA DE ANÁLISE.....	5
4.1	SEÇÃO DE ANÁLISE	5
4.2	MÉTODO DE ANÁLISE.....	5
4.3	PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA.....	5
4.4	LIMITES DE REFERÊNCIA ADOTADOS	6
4.5	INSTRUMENTAÇÃO	7
5	ANÁLISES E RESULTADOS.....	8
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	12
	ANEXOS.....	14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).	3
Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).	4
Figura 9.1– Locação da seção de análise em planta.	5
Figura 5.1 – Análise de Estabilidade – Nível de Atenção ($FS < 1.5$).	9
Figura 5.2 – Análise de Estabilidade – Nível de Alerta ($FS \leq 1.3$).	10
Figura 5.3 – Análise de Estabilidade – Nível de Emergência ($FS \leq 1.1$).	11

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realização dos níveis de controle para “**Barragem Passa Cinco**” que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Atualmente a Barragem Passa Cinco não possui nenhum instrumento instalado, mas o projeto de adequação realizado pela Baruk, é proposto a instalação de 4 instrumentos, sendo 2 INA's e 2 PZ's para monitoramento da barragem. Deste modo, este presente documento, visa propor níveis de controle através destes instrumentos para monitoramento da barragem.

2 OBJETIVO

Este relatório técnico tem como objetivo apresentar níveis de controle para os instrumentos que serão instalados, de modo que garanta a sua segurança e atendimento a

critérios normativos e de legislação. Neste aspecto, este relatório possui informações dos aspectos técnicos da estrutura, ensaios realizados para subsidiar as análises de estabilidade.

3 LOCALIZAÇÃO

A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 3.1 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.

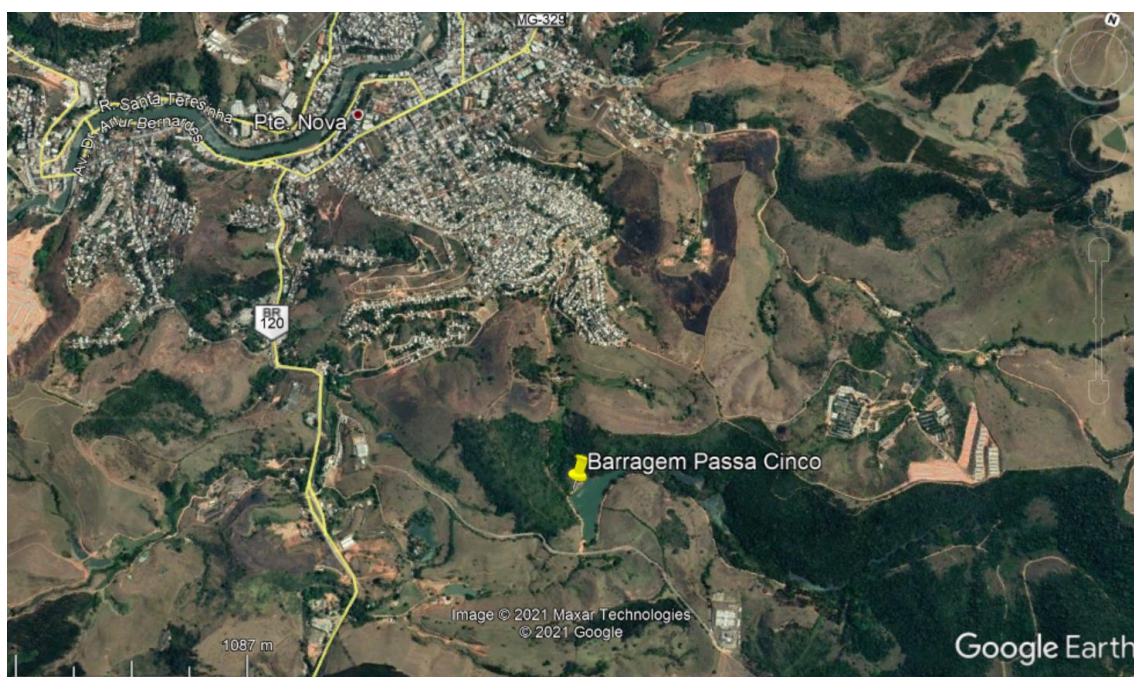


Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

4 METODOLOGIA DE ANÁLISE

4.1 SEÇÃO DE ANÁLISE

A Seção de análise foi baseada no documento de adequação da barragem (BRK - 2101 - G3-SEMAM - PASSA CINCO - PROJETO CONCEITUAL DE ADEQUAÇÃO - RT-04 - 00), conforme planta com a localização da instrumentação proposta para a barragem Figura 4.1, considerando-se a seção A de maior altura (seção central).

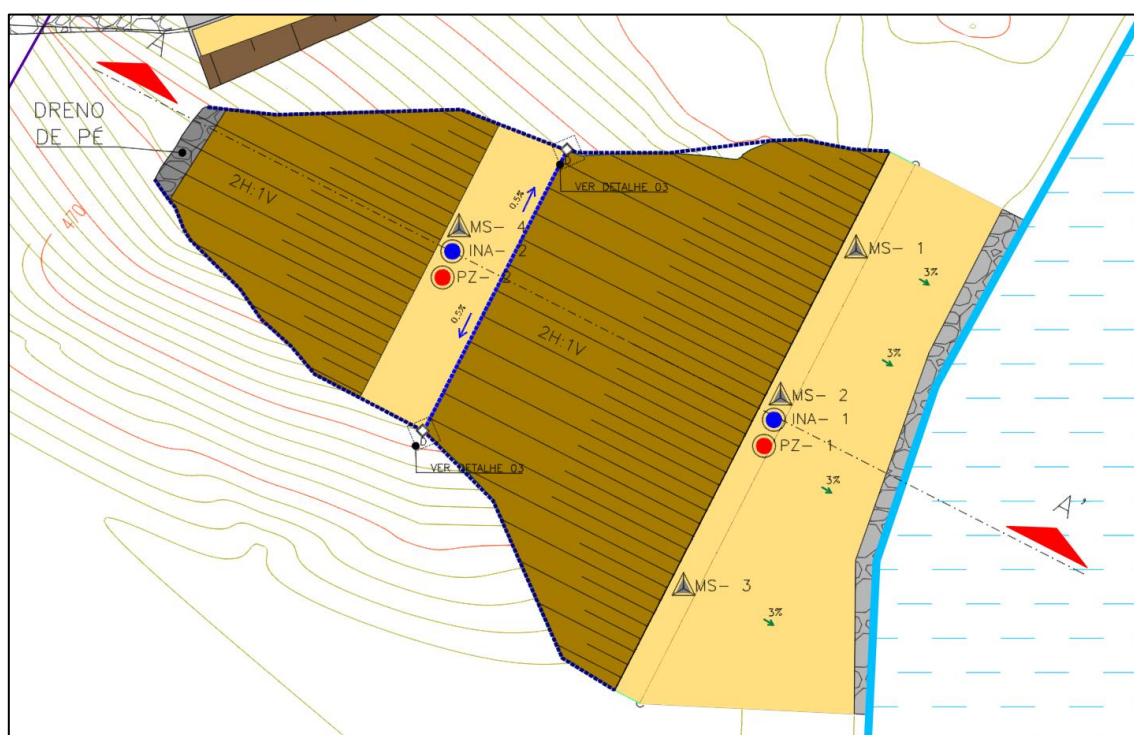


Figura 4.1 – Localização da seção de análise em planta.

4.2 MÉTODO DE ANÁLISE

As análises de estabilidade foram realizadas utilizando-se o programa computacional *software Slide2*, desenvolvido pela Rocscience, utilizando superfície de ruptura circular empregando os métodos de equilíbrio limite de *Bishop*, *Morgenst e Price* e *Spencer*.

4.3 PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA

Na Tabela 4.1 estão apresentados os parâmetros adotados nas análises de estabilidade da Barragem do Passa Cinco. Os parâmetros dos materiais foram obtidos nos estudos de adequação da estrutura realizado pela Baruk em 2021, documento de referência (BRK - 2101 - G3-SEMAM - PASSA CINCO - PROJETO CONCEITUAL DE ADEQUAÇÃO - RT-04 - 00).

Tabela 4.1 - Parâmetros de resistência dos materiais

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA				
Material	Peso específico natural (Kn/m ³)	Peso específico saturado (Kn/m ³)	Triaxial (Tensões Efetivas)	
			Coesão (Kpa)	Ângulo de atrito (ϕ)
Aterro	16	17	15	28
Aluvião	16	17	2	26
Rocha Alterada	20	21	40	40
Gnaisse	25	26	400	40
Aterro de Reforço	18	19	20	30

4.4 LIMITES DE REFERÊNCIA ADOTADOS

Para a elaboração dos Níveis de Controle da estrutura foram realizadas simulações, variando o nível de água no interior do maciço, fundação e tapete drenante da estrutura e analisando o comportamento de sua segurança geotécnica. Após as simulações, foram definidos 4 níveis determinados pelo fator de segurança obtido em relação ao NA, a saber:

FS \geq 1,50 – Nível Normal: Resultado adequado em relação à segurança da estrutura, segundo preconizado pela ABNT 13.028 (2017);

1.30 < FS < 1,50 – Nível de Atenção: Resultado não adequado em relação à segurança da estrutura. Segundo preconizado pela ABNT 13.028 (2017), o fator de segurança é considerado o limite inferior de referência para a operação da barragem em condição de superfície freática crítica. A leitura deverá ser repetida de imediato, e o geotécnico responsável pela estrutura deverá ser comunicado. O monitoramento e inspeções deverão ser intensificados, conforme orientação do geotécnico. Deverão ser tomadas medidas a fim de identificar a(s) causa(s) da alteração, e se necessário, planejar as ações a serem implantadas para adequação.

1.10 < FS ≤ 1.30 – Nível de Alerta: Resultado não adequado em relação à segurança da estrutura. A leitura deverá ser repetida de imediato, e o geotécnico responsável pela estrutura deverá ser comunicado. Deverá ser verificada a estabilidade da estrutura com base no nível piezométrico do conjunto de instrumentação existente e serem tomadas as medidas em caráter de urgência a fim de identificar a(s) causa(s) da alteração e ações para adequação. O monitoramento e inspeções exigem atenção especial, com acompanhamento diário. Confirmado o fator de segurança da barragem no nível de atenção, acionar o Plano de Ações Emergenciais (PAEBM), conforme Volume V do PSB.

FS ≤ 1.10 – Nível de Emergência: Resultado não satisfatório em relação à segurança da estrutura. A leitura deverá ser repetida de imediato, e o geotécnico responsável pela estrutura deverá ser comunicado. Deverá ser verificada a estabilidade da estrutura com base no nível piezométrico do conjunto de instrumentação existente e serem tomadas as medidas em caráter de emergência a fim de identificar a(s) causa(s) da alteração e ações para adequação. Confirmado o fator de segurança da barragem no nível de emergência, acionar o Plano de Ações Emergenciais (PAEBM), conforme Volume V do PSB.

4.5 INSTRUMENTAÇÃO

Na Tabela 4.2 estão apresentados os dados de cadastro dos instrumentos da Barragem Passa Cinco.

Tabela 4.2 - Dados dos Instrumentos

INSTRUMENTO	TIPO	Coordenadas		Cota de Topo (m)	Prof. (m)
		E	N		
PZ-01	Piezômetro	721002.95	7740063.51	479,85	12
PZ-02	Piezômetro	720979.95	7740073.39	469,80	9
INA-01	Medidor de nível d'água	721002.95	7740063.51	479,85	7
INA-02	Medidor de nível d'água	720980.63	7740075.18	469,80	6

5 ANÁLISES E RESULTADOS

As análises foram realizadas variando a linha freática de modo a reduzir o FS até os níveis de atenção, alerta e emergência. As análises foram realizadas considerando-se o nível normal de operação, com o nível do reservatório na El. 477,26 m.

Os resultados das análises são apresentados nas Figura 5.1 a Figura 5.3, com indicação das superfícies de escorregamento críticas.

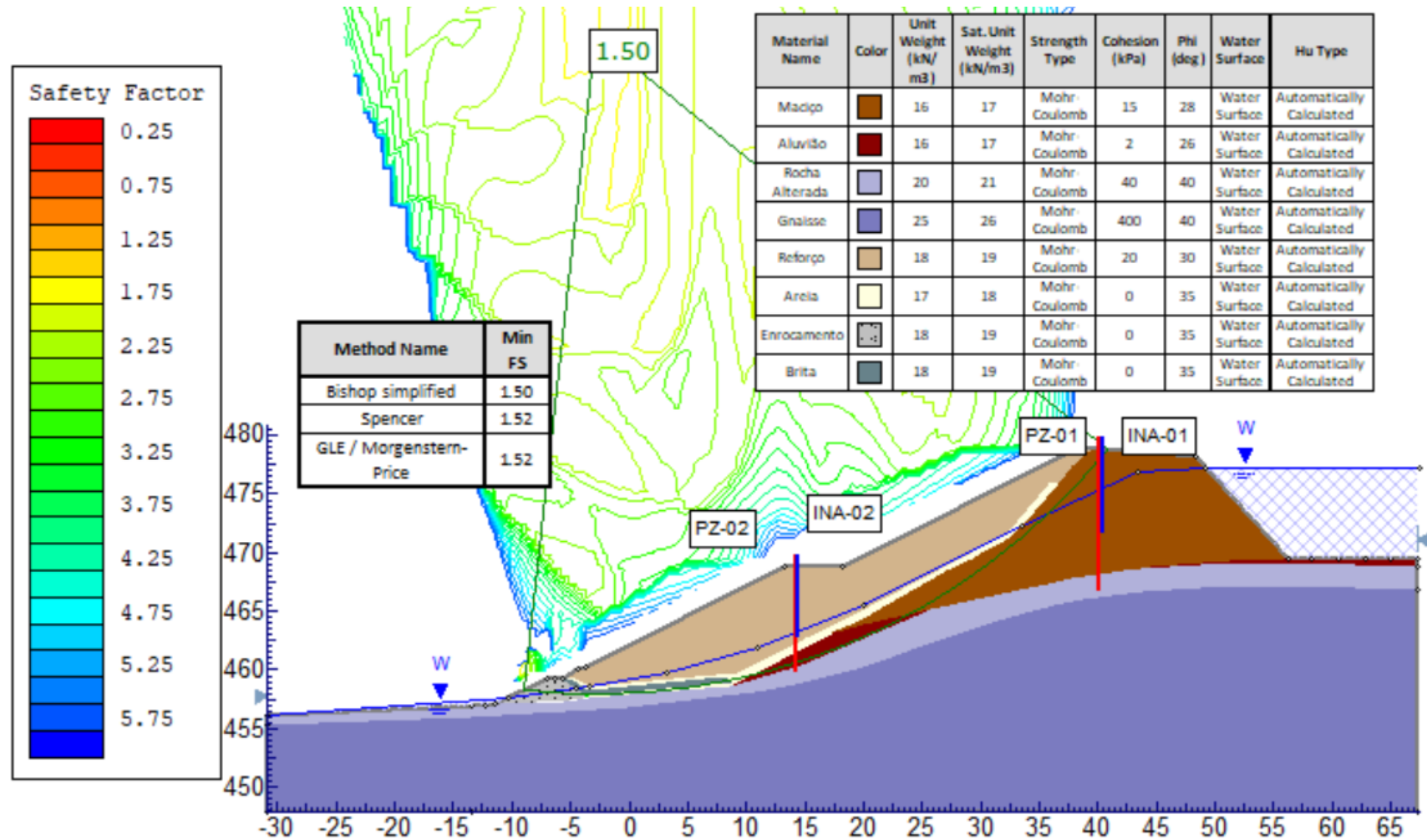


Figura 5.1 – Análise de Estabilidade – Nível de Atenção (FS<1.5).

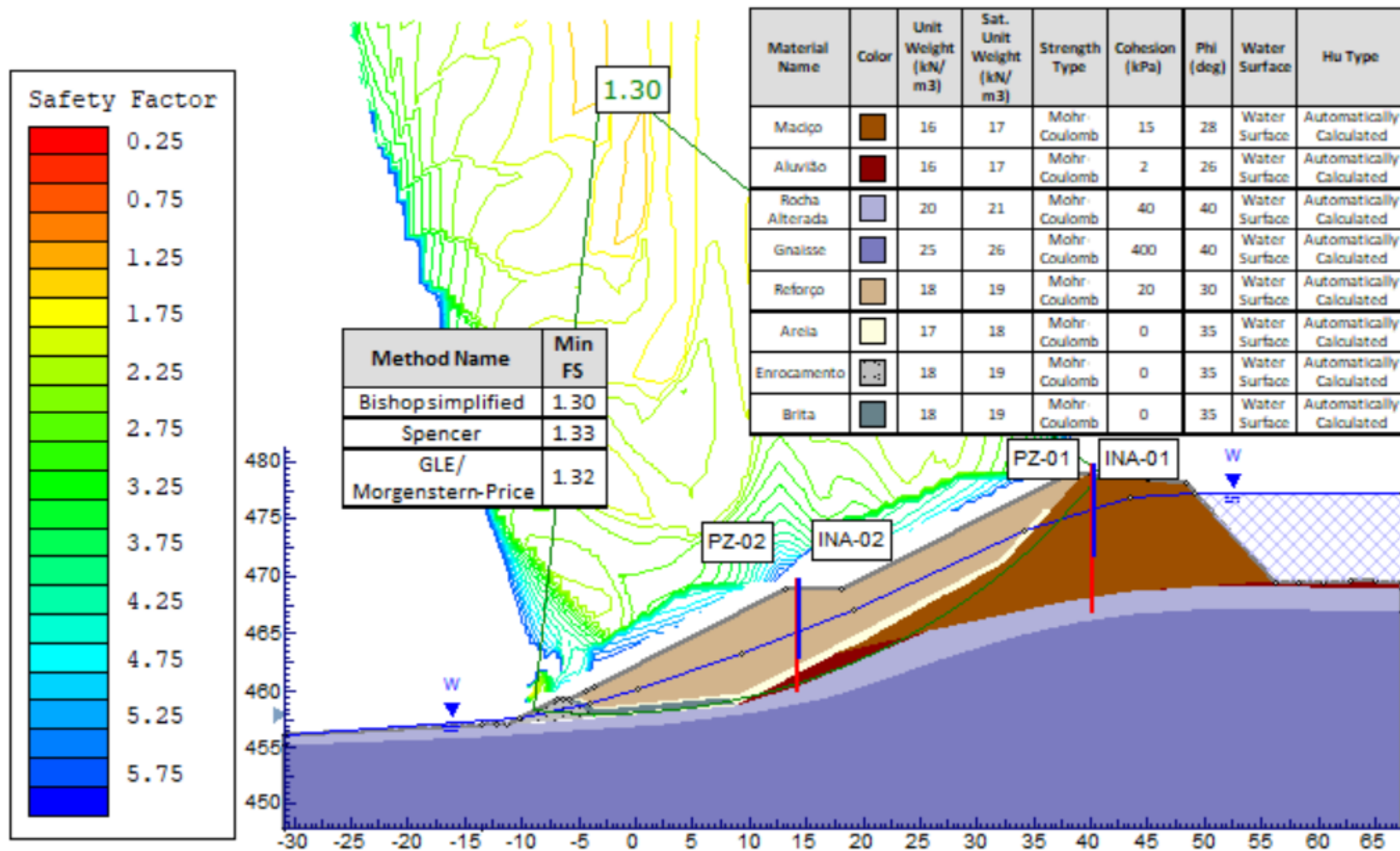


Figura 5.2 – Análise de Estabilidade – Nível de Alerta (FS≤1.3).

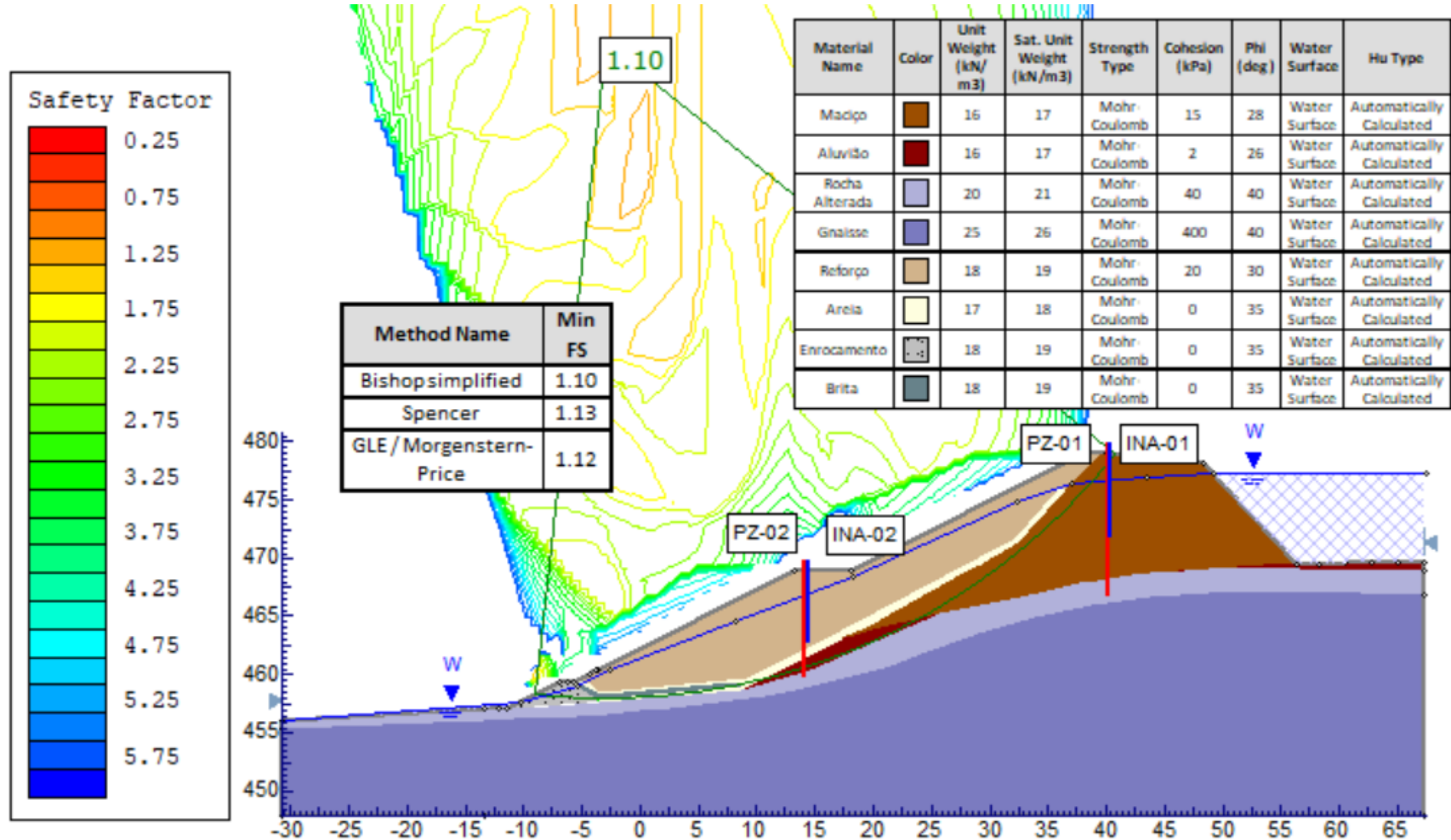


Figura 5.3 – Análise de Estabilidade – Nível de Emergência (FS ≤ 1.1).

Na Tabela 5.1 estão apresentados os níveis d'água para cada instrumento correspondente aos fatores de segurança em questão.

Tabela 5.1 - Níveis de Controle

INSTRUMENTO	NÍVEL DE ATENÇÃO FS < 1,50	NÍVEL DE ALERTA FS ≤ 1,30	NÍVEL DE EMERGÊNCIA FS ≤ 1,10
PZ-01	475,39	475,86	476,65
PZ-02	463,12	465,11	466,75
INA-01	475,50	475,95	476,66
INA-02	463,23	465,20	466,90

Os instrumentos devem ser validados em campo, tanto cota de topo, coordenadas e profundidade, ou seja, os níveis podem variar devido diferenças em alguma dessas medidas. Deste modo, os níveis de controle se tornam valido se as medidas de campo forem exatamente as mesmas que foram especificados neste documento, caso contrário, este documento deverá ser revisto após a implantação dos instrumentos.


6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Vale ressaltar que não há leituras piezométricas atuais, sendo assim, a estrutura será monitorada a partir de instalações dos instrumentos e de acordo com os níveis determinados neste documento. Deste modo, é possível que haja ajustes nos níveis, pois, não há histórico de leituras anteriores que demonstram o comportamento da linha freática, além de incertezas sobre a construção da barragem.

A equipe responsável pela leitura e análise dos dados dos instrumentos deve ter pleno conhecimento da carta de risco de forma a correlacionar as leituras aos níveis de controle estabelecidos e, caso necessário, indicar as ações a serem realizadas para prevenir que haja danos às estruturas.

Salienta-se que a Carta de Risco deve ser interpretada como uma ferramenta de apoio à gestão da segurança da barragem e sua análise deve ser feita em conjunto com as informações obtidas nas inspeções visuais. Em posse dos dados de leitura da




instrumentação e dos relatórios das inspeções visuais, recomenda-se que seja realizada avaliação periódica da estabilidade da estrutura, conforme preconiza a normatização vigente.



D.Sc. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

 <p>Adobe Acrobat Document</p>	<p>ANEXO A – RELATORIO DE SPT - SPR 21-026 - BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA LTDA</p> <p>Formato: ["pdf"] 8 páginas</p>
 <p>Adobe Acrobat Document</p>	<p>ANEXO B – RELATORIO_AMOSTRAS_DA_BARRAGEM_DO_PASSA _CINCO_PONTE_NOVA_MG</p> <p>Formato: ["pdf"] 15 páginas</p>
 <p>Package</p>	<p>ANEXO C – BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO</p> <p>Formato: ["dwg"]</p>

RELATÓRIO TÉCNICO
PROJETO CONCEITUAL DE ADEQUAÇÃO
BARRAGEM PASSA CINCO
PONTE NOVA - MG

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVO.....	2
3	LOCALIZAÇÃO.....	2
4	CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO.....	3
5	CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM.....	4
5.1	CATEGORIA DE RISCO.....	5
5.2	DANO POTENCIAL ASSOCIADO.....	9
6	ARRANJO E GEOMETRIA DA BARRAGEM PASSA CINCO.....	12
7	CONDIÇÃO ATUAL.....	14
8	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS.....	15
8.1	GEOLOGIA REGIONAL.....	15
8.2	ASPECTOS PEDOLÓGICOS.....	25
8.3	GEOLOGIA LOCAL.....	26
8.4	INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS.....	27
8.4.1	<i>Aluvião (fundação).....</i>	<i>28</i>
8.4.2	<i>Aterro (maciço).....</i>	<i>28</i>
8.4.2.1	<i>Caracterização Física.....</i>	<i>28</i>
8.4.2.2	<i>Parâmetros de Resistência.....</i>	<i>30</i>
8.5	SISMICIDADE REGIONAL.....	37
9	ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....	45
9.1	ANÁLISES DE ESTABILIDADE PARA CONDIÇÃO ATUAL E COM REFORÇO.....	45
9.1.1	<i>Parâmetros adotados nas análises de estabilidade.....</i>	<i>45</i>
9.1.2	<i>Critérios e condições de contorno.....</i>	<i>46</i>

9.1.3	Resultados obtidos para a condição atual	47
9.1.4	Resultados obtidos para a condição com reforço	51
10	DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM INTERNA	57
11	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO	58
12	ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS.....	59
12.1	BACIA DE CONTRIBUIÇÃO.....	59
12.2	CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA.....	63
12.3	ESTUDOS DE CHEIAS.....	65
12.3.1	Pluviometria	65
12.3.1.1	Definição dos quantis diários e sub-diários.....	65
12.3.1	Definição do período de retorno	66
12.4	MODELO HIDROLÓGICO.....	67
12.5	ÁREA DRENADA.....	67
12.6	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO.....	67
12.7	INTENSIDADE MÉDIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL.....	68
12.8	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO.....	68
12.9	TEMPO DE RECORRÊNCIA.....	68
12.10	DIMENSÃO DA ESTRUTURA EXTRAVASORA.....	68
12.11	MEDIDOR DE VAZÃO	69
13	CONCLUSÃO	73
	ANEXOS.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).	1
Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).	3
Figura 6.1 – Arranjo Geral Atual da Barragem.	13
Figura 8.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil, que enfatiza os dois subtipos de terrenos pré-cambrianos: os crátons e os sistemas orogênicos brasileiros. Minas Gerais abarca parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasileiros Tocantins e Mantiqueira (Confeccionado com base em Almeida <i>et al.</i> 1981, 2000).	15
Figura 8.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais, que abrange parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasileiros Tocantins e Mantiqueira, além da cobertura de rochas fanerozoicas. O cráton tem o seu substrato mais velho que 1,8 bilhões de anos exposto na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) e é, em sua maior parte, coberto pelo preenchimento da Bacia do São Francisco. O sistema Tocantins é representado na parte leste do estado pela Faixa Brasília Meridional, e o Mantiqueira, nas regiões leste e sul do estado, por segmentos do Orógeno Araçuaí e da Faixa Ribeira.	16
Figura 8.3 - a) Modelo digital de terreno da porção mineira do Orógeno Araçuaí e áreas vizinhas com as suas principais feições topográficas. b) Mapa geológico simplificado da mesma porção do orógeno com a representação das principais assembleias litológicas que dele tomam parte. c) Corte geológico representativo da estrutura do orógeno, que consiste em camadas dobradas e seccionadas por falhas de empurrão. (Confeccionadas com base em Pedrosa-Soares et al. 2001 e Alkmim <i>et al.</i> 2007).	17
Figura 8.4 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas, unidade típica do Orógeno Araçuaí, com as suas formações que antecederam, foram síncronas e sucederam um dos eventos glaciais da Era Neoproterozoica (Confeccionada com base em Kuchenbecker 2015b).	18
Figura 8.5 - Mapa de Geológico do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) para Ponte Nova.....	21

Figura 8.6 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem.	25
Figura 8.7 - Localização dos ensaios Spt's em planta.	27
Figura 8.8 - Amostra AM-01.	29
Figura 8.9 - Amostra AM-02.	30
Figura 8.10 - Amostra AM-03.	30
Figura 8.11 - Imagem dos corpos de prova AM-01.	31
Figura 8.12 - Imagem dos corpos de prova AM-02.	32
Figura 8.13 - Imagem dos corpos de prova AM-03.	33
Figura 8.14 - Resultado do triaxial da amostra AM-01 (ombreira direita).	34
Figura 8.15 - Resultado do triaxial da amostra AM-02 (crista).	35
Figura 8.16 - Resultado do triaxial da amostra AM-03 (ombreira esquerda).	36
Figura 8.17 - Mapa de sismicidade brasileira com discriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada.	38
Figura 8.18– Mapas de Ameaça Sísmica (“Seismic Hazard Maps”) para aceleração de pico (Peak Ground Acceleration - PGA) em rocha, para probabilidades de 2% de excedência em 50 anos, correspondendo a período de 2475 anos. Extraído de Assumpção et al., (2016).	43
Figura 9.1- Locação da seção de análise em planta.	48
Figura 9.2 – Atual – Condição de Regime de Fluxo Normal – $F_s = 1,10$	49
Figura 9.3 – Atual – Pseudo-Estática – $F_s = 0,94$	50
Figura 9.4– Arranjo geral do reforço proposto para a barragem Passa Cinco.	52
Figura 9.5 – Reforço – Condição de Regime de Fluxo Normal – $F_s = 1,62$	54
Figura 9.6 – Reforço – Condição de Regime de Fluxo Crítico – $F_s = 1,39$	55

Figura 9.7 – Reforço – Pseudo-Estática – $F_s = 1,32$	56
Figura 10.1 - Faixas das curvas granulométricas.	57
Figura 10.2 - Valores das faixas granulométricas.	58
Figura 11.1 – Locação dos instrumentos propostos.....	59
Figura 12.1 - Modelo Digital de Terreno – Barragem Passa Cinco.	61
Figura 12.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição – Barragem Passa Cinco.....	62
Figura 12.3 – Esquema 3D do medidor de vazão, sem escala.	69
Figura 12.4 – Esquema de corte do controle do medidor de vazão.....	70

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realização do Projeto Conceitual de adequação da “**Barragem Passa Cinco**” que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte integrante do Projeto Conceitual de adequação da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta dados geológicos da área, ensaios realizados para caracterização geológico-geotécnico da estrutura e sua fundação (ensaios laboratoriais e de campo) e levantamento topográfico realizado na estrutura. Além disso é apresentado um resumo das informações existentes, que subsidiaram os estudos para adequação da estrutura e sua caracterização.

2 OBJETIVO

Este relatório técnico tem como objetivo apresentar Medidas Corretivas necessárias para adequação da estrutura, de modo que garanta a sua segurança e atendimento a critérios normativos e de legislação. Neste aspecto, este relatório possui informações dos aspectos técnicos da estrutura, ensaios realizados para subsidiar as análises de estabilidade.

Todos os dados e informações obtidas através de ensaios laboratoriais e de campo, levantamento topográfico e inspeção técnica de campo, foram avaliados quanto a consistência, validade e qualidade, conforme apresentado nos tópicos a seguir.

3 LOCALIZAÇÃO

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 3.1 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.

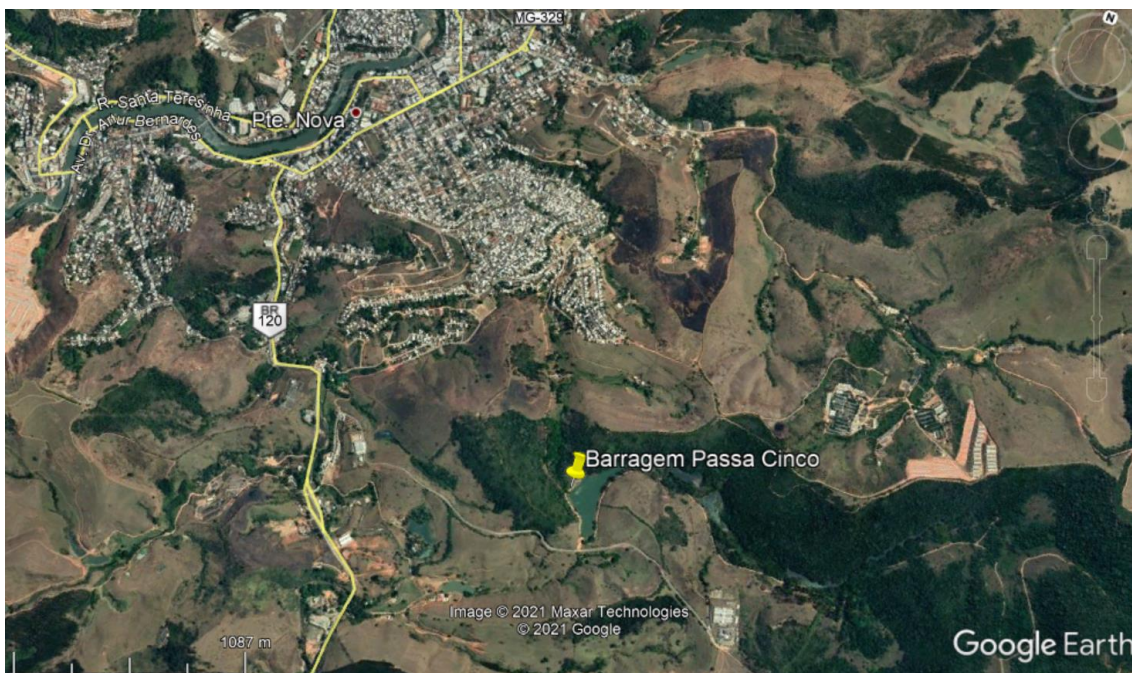


Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

4 CRITÉRIOS E PREMISAS DE PROJETO

Para a elaboração do Projeto Conceitual da Adequação da Barragem Passa Cinco, foram consideradas as seguintes premissas:

- Os estudos foram balizados pela NBR 13028/2017 - Mineração - Elaboração e apresentação de projeto para barragens, disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água;
- A base topográfica realizada pela empresa Baruk em maio de 2021 e utilizada para presente Avaliação da Estrutura (nomes dos documentos: BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO.dwg).

Para a elaboração do Projeto Conceitual da Adequação da Barragem Passa Cinco, foram considerados os seguintes critérios:

- O sistema de coordenadas adotado na elaboração do estudo e dos desenhos é o SIRGAS 2000, fuso 23 K;
- A barragem é destinada apenas para acumulação e armazenamento de água para fins recreativo;
- A barragem foi executada com solo e possui sua face a jusante em concreto;
- A caracterização do maciço e da fundação foi baseada nas investigações e nos ensaios de campo e de laboratório;

- Os estudos de Adequação da estrutura a serem realizados seguirá as seguintes premissas técnicas:
 - O aterro da barragem não é isotrópico, pelo fato de ser compactado, o coeficiente de permeabilidade horizontal é maior que o coeficiente de permeabilidade vertical;
 - O peso específico, os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) e o coeficiente de permeabilidade dos materiais do maciço da barragem e da fundação foram obtidos a partir de ensaios de laboratório, ou foram estimados conforme os resultados obtidos nas investigações geológico-geotécnicas e nos ensaios de campo realizados;
 - As análises de percolação foram feitas através do *software* Slide2, desenvolvido pela Rocscience. Estas análises objetivaram a obtenção da rede de fluxo e, com isso, a obtenção do nível freático no interior do maciço do barramento;
 - As análises de estabilidade dos taludes da barragem foram realizadas conforme as diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017), que estabelece as diretrizes e os requisitos necessários para o projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água para Mineração. Conforme essa norma técnica, os taludes da barragem devem apresentar os Fatores de Segurança – FS's mínimos apresentados na Tabela 4.1, de acordo com a cada fase de projeto/ estrutura. Essas análises de estabilidade foram realizadas através do *software* Slide2, desenvolvido pela Rocscience, adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, e a teoria do equilíbrio limite pelo Método de Bichop.

Tabela 4.1 - Fatores de Segurança Mínimos para Barragens (Fonte: NBR 13.028, 2017)

FASE	TIPO DE RUPTURA	TALUDE	FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Operação com rede de fluxo em condição crítica	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1

5 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

De acordo com a Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB destinadas a acumulação de água para quaisquer usos, disposição final ou temporária de rejeitos e acumulação de resíduos

industriais, uma estrutura é considerada barragem se apresentar pelo menos uma das seguintes características:

- a) Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
- b) Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- c) Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; e
- d) Categoria de dano potencial associado – DPA, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Conforme Artigo 5º da Lei Federal n.º 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, sendo a Agência Nacional de Águas (ANA) a entidade fiscalizadora das barragens de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, estando sob a sua tutela as barragens localizadas em rios de domínio da União. Deste modo, cabe à ANA, para as barragens localizadas em rios federais sob sua jurisdição, a definição dos critérios complementares e o estabelecimento da metodologia de definição dos limites da área potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem.

Nas tabelas a seguir encontram-se detalhadas as características inerentes à Barragem Passa Cinco e os pesos imputados a cada um dos parâmetros de classificação, deste modo, houve atualização da classificação considerando a elaboração e execução das medidas corretivas presente neste relatório. Conforme pode-se observar, a barragem após as adequações apresentará um CRI de 35 sendo classificada como de BAIXO risco, onde a mesma apresentava um CRI de 65 e classificada como de ALTO risco, e um DPA invariável de 20 tendo seu dano classificado como ALTO.

5.1 CATEGORIA DE RISCO

Conforme Portaria no 70.389/2017, a classificação de estruturas quanto à Categoria de Risco (CRI) é realizada em função das características técnicas, do estado de conservação e do atendimento ao plano de segurança. A seguir, são apresentados os parâmetros de avaliação e o somatório de pontos que resulta na classificação quanto à CRI.

Tabela 5.1 - Características técnicas (CT)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – CT					
Altura (a)	Comprimento (b)	Tipo de barragem quanto ao material de construção (c)	Tipo de fundação (d)	Idade da barragem (e)	Vazão do projeto (f)
Altura ≤ 15m (0)	Comprimento ≤ 200m (2)	Concreto convencional (1)	Rocha sã (1)	Entre 30 a 50 anos (1)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou decamilenar (3)
15m < Altura < 30m (1)	Comprimento > 200m (3)	Alvenaria de pedra/concreto ou ciclópico/concreto rolado CCR (2)	Rocha alterada dura com tratamento (2)	Entre 10 e 30 anos (2)	Milenar (5)
30m ≤ Altura ≤ 60m (2)		Terra homogênea/enrocamento/terra enrocamento (3)	Rocha alterada sem tratamento/rocha alterada fraturada com tratamento (3)	Entre 5 a 10 anos (3)	TR = 500 anos (8)
Altura > 60m (3)			Rocha alterada mole/saprólito/solo compacto (4)	< 5 anos ou > 50 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou desconhecida/estudo não confiável (10)
			Solo residual/aluvião (5)		
1	2	3	5	2	3
CT = ∑ (a até f)			15		

Tabela 5.2 - Estado de conservação (EC)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC					
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (g)	Confiabilidade das estruturas de adução (h)	Percolação (i)	Deformações e Recalques (j)	Deterioração dos taludes/Paramentos (k)	Eclusa (l)
Estruturas civis e hidroeletrônicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e dispositivos hidroeletrônicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Inexistente (0)	Inexistente (0)	Não possui eclusa (0)
Estruturas civis e hidroeletrônicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente. (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Estruturas civis e hidroeletrônicas bem mantidas e funcionando (1)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e	Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou	Erosões superficiais, ferrugem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados e com medidas

de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente. (7)	de vazão e sem medidas corretivas (6)	ombreira s sem implantação das medidas corretivas necessárias (5)	monitoramento (5)	monitoramento ou atuação corretiva (5)	corretivas em implantação (2)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com (10)		Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente (8)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento da segurança (8)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)
0	0	0	0	0	0
EC = \sum (g até l)				0	

Tabela 5.3 - Plano de segurança da barragem (PS)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO				
3 – PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM – PS				
Documentação de projeto (n)	Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem (o)	Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento (p)	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (q)	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação (r)
Projeto Executivo e “como construído” (0)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	Sim ou vertedouro tipo soleira livre (0)	Emite regularmente os relatórios (0)
Projeto Executivo ou “como construído” (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	Não (6)	Emite os relatórios sem periodicidade (3)
Projeto básico (4)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)		Não emite os relatórios (5)
Anteprojeto ou projeto conceitual (6)				
Não há documentação de projeto (8)				
6	8	0	0	5
PS = \sum (j até n)			19	

5.2 DANO POTENCIAL ASSOCIADO

Conforme Portaria nº70.389/2017, a classificação da barragem quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) é realizada de acordo com o volume do reservatório, a existência de população a jusante, impactos sociais, econômicos e ambientais. Esses

impactos são verificados através dos parâmetros de avaliação e do somatório de pontos que resulta na classificação por DPA apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto Ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
Pequeno ≤ 5 milhões m ³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio 5 milhões a 75 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (4)
Grande 75 milhões a 200 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)		ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande Vol ≥ 200 milhões m ³ (5)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)		
1	12	3	4
DPA= ∑ (a até d)			20

Tabela 5.5 - Classificação para Barragem Passa Cinco

1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1.1	Características Técnicas (CT)	15
1.2	Estado de Conservação (EC)	0
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	19
Pontuação total (CRI) = CT + EC + PS		34
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		CRI
ALTO		≥ 60 ou $EC^* = 8$ (*)
MÉDIO		35 a 60
BAIXO		≤ 35
(*) Pontuação de "8" em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.		
2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		Pontos
2.1	Volume total do reservatório	1
2.2	Existência de População à Jusante	12
2.3	Impacto Ambiental	3
2.4	Impacto Sócio-Econômico	4
Pontuação total (DPA)		20
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		DPA
ALTO		≥ 16
MÉDIO		$10 < DPA < 16$
BAIXO		≤ 10

6 ARRANJO E GEOMETRIA DA BARRAGEM PASSA CINCO

A Barragem Passa Cinco é construída em solo e sua face do talude de jusante constituída por concreto simples. Desta forma, o arranjo geométrico considerado para a condição atual da estrutura, foi obtido através do levantamento topográfico realizado na área da estrutura. Os parâmetros dos materiais constituintes do maciço e fundação foram obtidos através de ensaios laboratoriais (caracterização completa, triaxial do tipo CIU e permeabilidade) e de campo (sondagens a percussão – SPT). A estrutura será avaliada através dos fatores de segurança obtidos, se a mesmas atende aos recomendados pela por norma NBR 13.028 (ABNT, 2017).

Desta forma, a estrutura possui as seguintes características:

- Crista com largura de 9,00 metros aproximadamente;
- Talude de jusante sem bermas com inclinação 1,0H:1,0V (45°);
- Cota da soleira do vertedouro identificada 478,00 metros aproximadamente;
- Cota da crista identificada 479,00 metros aproximadamente;

O dispositivo extravasor identificado, não possui geometria definida, pois o mesmo foi escavado de maneira não controlada no próprio terreno natural. Deste modo, este atual relatório visa a adequação da estrutura extravasora com geometria definida através de estudos hidrológicos e sua superfície protegida para o correto funcionamento.

Na Figura 6.1 é apresentado o arranjo geral do maciço principal da Barragem Passa Cinco.

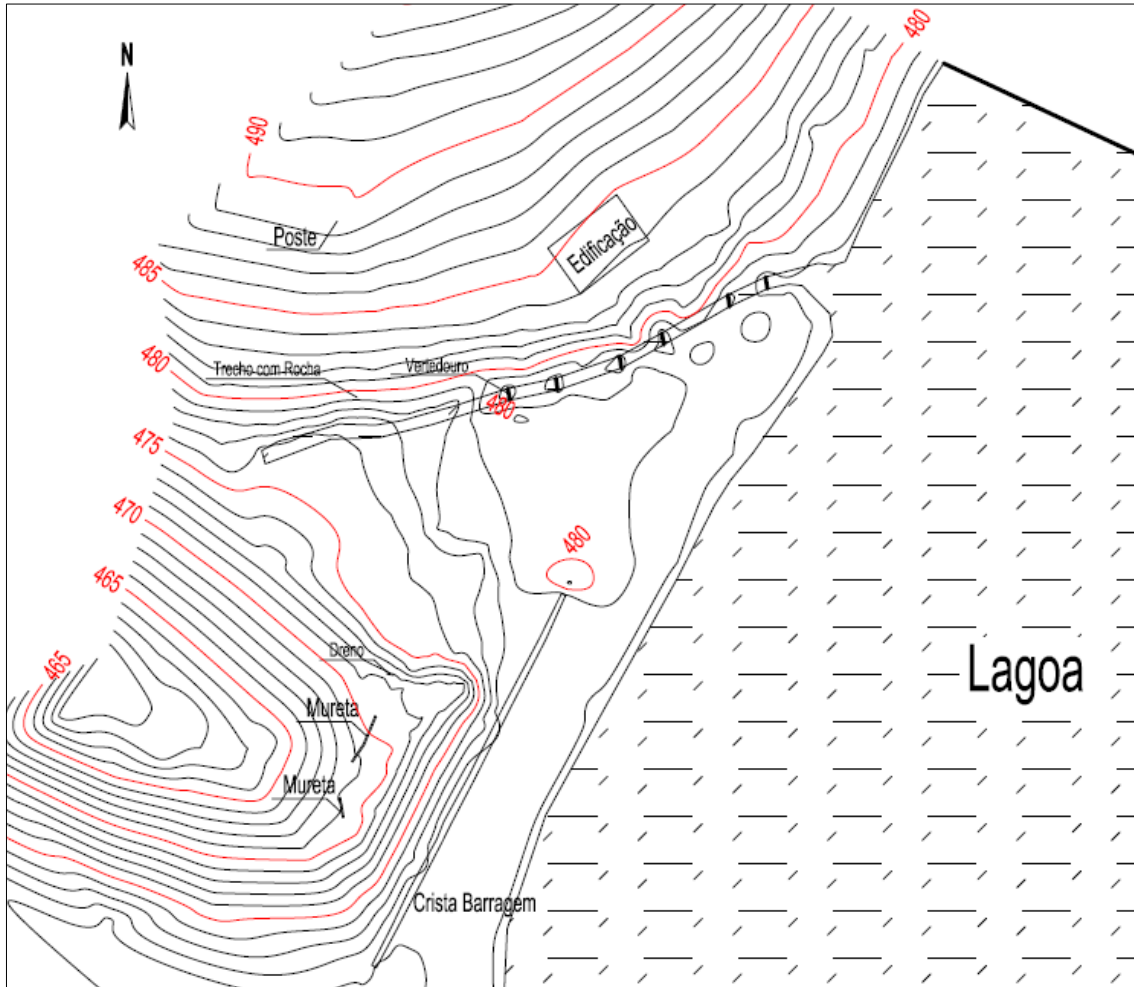


Figura 6.1 – Arranjo Geral Atual da Barragem.

7 CONDIÇÃO ATUAL

Realizou-se inspeções (19/05/2021) nos maciços e estruturas auxiliares com o objetivo de identificar anomalias que apontem para condições de insegurança do sistema frente às solicitações operacionais impostas. Foram identificadas falhas que podem comprometer a segurança estrutural das barragens que compõem o sistema, dentre elas:

- a) Identificou-se um ponto de surgência com aparente carreamento de sólidos, podendo levar ao fenômeno de *piping* e conseqüentemente levar a estrutura ao rompimento
- b) Verificou-se a presença de bambuzais, arbustos e árvores no talude de jusante, que devido sua altura e profundidade de suas raízes, pode trazer danos a estrutura da barragem em caso de incidência de ventos muito fortes além de pontos preferencias de percolação, podendo ocasionar *piping* e ocorrer rompimento da estrutura.
- c) Detectou-se a presença de plantas aquáticas junto ao extravasor, dificultando a passagem de água excedente da barragem.

Neste contexto, apresentam-se as condições atuais de segurança e desempenho operacional da estrutura da barragem Passa Cinco e dos dispositivos a ele associados, com base em inspeções locais, realizadas em maio de 2021 pela equipe técnica da BARUK.

8 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS

8.1 GEOLOGIA REGIONAL

O sistema orogênico brasileiro representado pela Província Mantiqueira (Brito-Neves *et al.* 1999, Almeida *et al.* 2000) inclui o Orógeno Araçuai como seu setor setentrional, limitado a sul pelo Orógeno Ribeira, e a norte e oeste pelo Cráton do São Francisco (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007; Heilbron *et al.* 2004). A região estudada situa-se no extremo sul do Orógeno Araçuai.

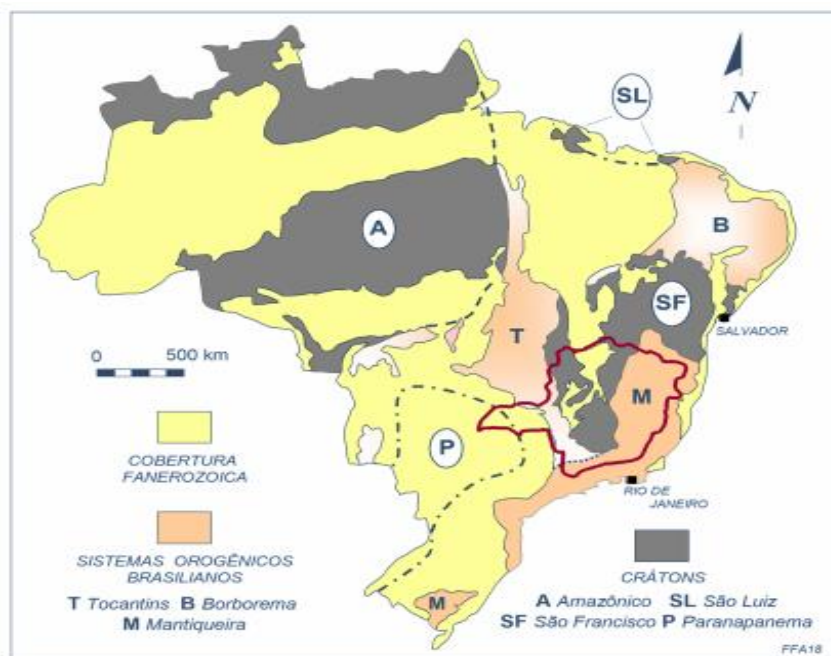


Figura 8.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil, que enfatiza os dois subtipos de terrenos pré-cambrianos: os crátons e os sistemas orogênicos brasileiros. Minas Gerais abarca parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasileiros Tocantins e Mantiqueira (Confeccionado com base em Almeida *et al.* 1981, 2000).

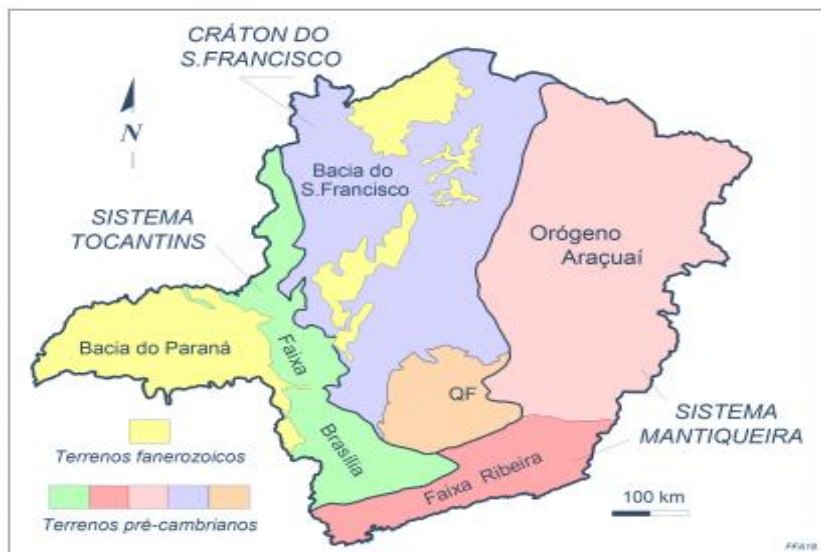


Figura 8.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais, que abrange parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasileiros Tocantins e Mantiqueira, além da cobertura de rochas fanerozoicas. O cráton tem o seu substrato mais velho que 1,8 bilhões de anos exposto na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) e é, em sua maior parte, coberto pelo preenchimento da Bacia do São Francisco. O sistema Tocantins é representado na parte leste do estado pela Faixa Brasília Meridional, e o Mantiqueira, nas regiões leste e sul do estado, por segmentos do Orógeno Araçuaí e da Faixa Ribeira.

O Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000) abrange a região compreendida entre o Cráton do São Francisco e margem continental leste brasileira (Figura 8.2), ou seja, toda a Serra do Espinhaço meridional e os vales do Rio Doce, Mucuri e Jequitinhonha, nos estados de Minas, Espírito Santo e pequena porção da Bahia. O seu limite sul com a Faixa Ribeira é marcado na altura do paralelo 21° de latitude sul, onde as suas estruturas de orientação geral norte-sul encurvam-se e assumem a direção nordeste. Como parte do grande sistema montanhoso erigido durante Evento Brasileiro, o Orógeno Araçuaí teve o clímax do seu soerguimento atingido entre 580 e 570 milhões de anos (Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

Em função do tipo de rochas envolvidas, o Orógeno Araçuaí é subdividido em dois grandes setores (Alkmim *et al.* 2007). Na sua parte externa, conhecida como Faixa Araçuaí (Almeida 1977, Pedrosa-Soares *et al.* 2007) e localizada ao longo da margem do Cráton do São Francisco, predominam rochas metassedimentares de baixo a médio grau metamórfico, que se organizam no espaço na forma de um típico cinturão orogênico. Na sua parte interna, ou núcleo cristalino, predominam rochas metamórficas de alto grau e

granitos com uma disposição espacial bem mais complexa. Em Minas Gerais, estão localizados o segmento de orientação norte-sul da Faixa Araçuaí e a maior parte da zona granítica do núcleo cristalino (Figura 8.3).

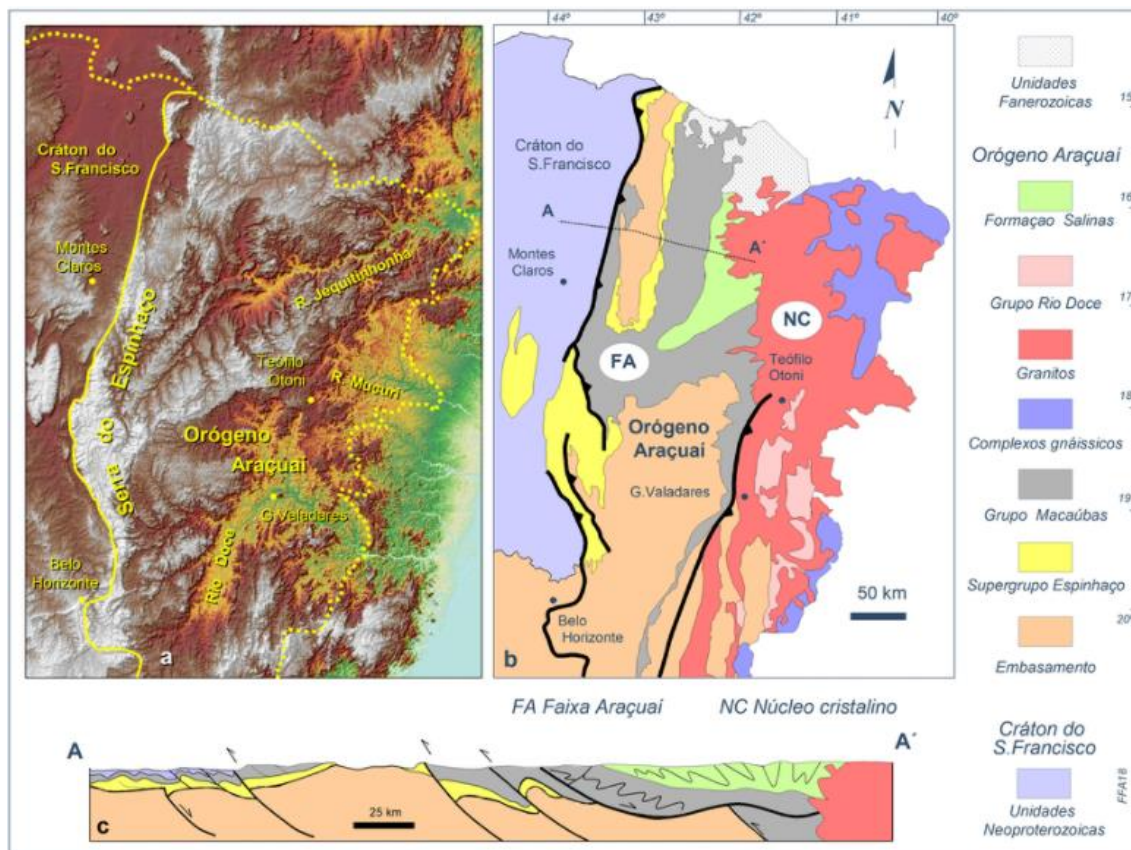


Figura 8.3 - a) Modelo digital de terreno da porção mineira do Orógeno Araçuaí e áreas vizinhas com as suas principais feições topográficas. b) Mapa geológico simplificado da mesma porção do orógeno com a representação das principais assembleias litológicas que dele tomam parte. c) Corte geológico representativo da estrutura do orógeno, que consiste em camadas dobradas e seccionadas por falhas de empurrão. (Confeccionadas com base em Pedrosa-Soares et al. 2001 e Alkmim et al. 2007).

Do Orógeno Araçuaí tomam parte várias assembleias litológicas. A sua unidade típica é o Grupo Macaúbas, constituído por rochas metamórficas formadas a partir de sedimentos acumulados por vários agentes geológicos (Figura 8.4), mas principalmente pela ação de geleiras em uma grande bacia marinha (Uhlein et al. 1999, 2007, Pedrosa-Soares et al. 2007, 2008, Martins et al. 2008, Kuchenbecker et al. 2015b). Dentre estas rochas, tem-se filitos, meta-diamictitos, xistos, quartzitos e formações ferríferas, além de intercalações de camadas de origem vulcânica. A espessura total do grupo deve chegar aos 10.000 m e as idades de suas formações recaem no intervalo de 900 a 620 milhões de

anos. A maioria dos pesquisadores que se dedica ao estudo do Grupo Macaúbas interpretam-no como equivalente em idade à Formação Jequitaiá da Bacia do Francisco e preenchimento de uma bacia sedimentar de margem e interior continental, que, intensamente deformada durante o Evento Brasileiro, deu origem ao Orógeno Araçuaí.

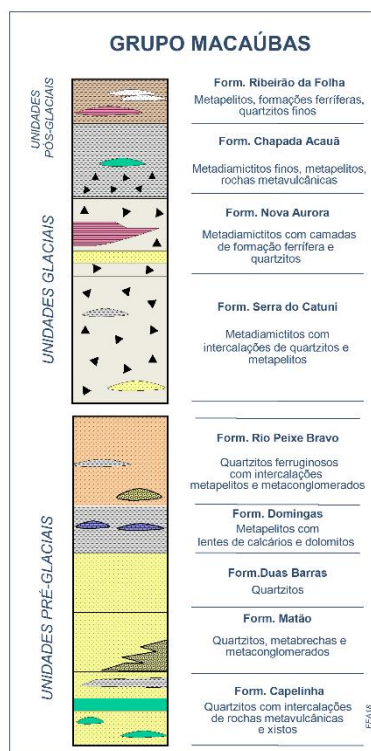


Figura 8.4 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas, unidade típica do Orógeno Araçuaí, com as suas formações que antecederam, foram síncronas e sucederam um dos eventos glaciais da Era Neoproterozoica (Confeccionada com base em Kuchenbecker 2015b).

As unidades litológicas mais velhas que o Grupo Macaúbas envolvidas no Orógeno Araçuaí são o embasamento, composto por rochas metamórficas e ígneas mais velhas que 1,8 bilhões de anos, e o Supergrupo Espinhaço. Essa unidade, aflorante na serra homônima, abarca uma sucessão de mais de 6.000 m de espessura de rochas metassedimentares e metavulcânicas, depositadas durante uma série de episódios de formação de bacias sedimentares ocorridos entre 1,8 e 0,9 bilhões de anos, ou seja, entre o final da Era paleoproterozoica e durante a Era Mesoproterozoica (Dussin & Dussin 1995, Uhlein et al. 1998, Martins-Neto 1998, Chemale Jr. *et al.* 2012). Predominam no supergrupo os quartzitos, que se destacam nas paisagens da Serra do Espinhaço, seguidos por filitos e, em menor proporção metaconglomerados e rochas carbonáticas.

As assembleias de rochas mais jovens que o Grupo Macaúbas que igualmente integram o orógeno são as seguintes: i) cinco suítes de rochas graníticas; ii) o Grupo Rio Doce, composto por rochas vulcânicas e sedimentares; iii) associações de rochas metamórficas de alto grau, agrupadas em complexos gnáissicos; iii) a Formação Salinas, que abarca uma sucessão de xistos e meta-arenitos formados durante o processo de soerguimento do orógeno (Lima *et al.* 2002, Pedrosa-Soares *et al.* 2007, 2011). Os granitos, presentes em grande volume no núcleo cristalino do orógeno, são agrupados em supersuítas (G1 a G5), as quais registram os principais estágios de sua evolução. A Supersuíte G1 engloba corpos graníticos formados entre 630 e 580 milhões de anos, no estágio de convergência de placas que antecedeu o processo colisional que deu origem ao orógeno. A esta supersuíte se associam temporal e espacialmente as rochas do Grupo Rio Doce. As supersuítas G2 e G3 foram geradas entre 580 e 540 milhões de anos, no curso do processo colisional, através da fusão de rochas pré-existentes. Já as supersuítas G4 e G5, formaram-se depois de cessada a colisão brasileira, entre 540 e 490 milhões de anos (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

No interior das cadeias de montanhas, sejam elas antigas ou jovens, as camadas presentes encontram-se deformadas em variados graus de intensidade. Caracteristicamente, apresentam-se dobradas e cortadas por falhas, ao longo das quais grandes volumes de rochas são empurrados em um sentido preferencial. O Orógeno Araçuaí não foge a esta regra. Os elementos principais da sua arquitetura são dobras e falhas de empurrão de orientação geral norte-sul, as quais refletem seu soerguimento em associação com a movimentação geral da massa rochosa em direção a oeste, isto é, em direção ao Cráton do São Francisco (Alkmim *et al.* 2007, Figura 10c).

O Orógeno Araçuaí é conhecido por suas jazidas e ocorrências de gemas. Diamantes extraídos de aluviões e metaconglomerados da Serra do Espinhaço, no alto Jequitinhonha (região da cidade de Diamantina) tornaram do Brasil o maior produtor mundial desta gema desde o princípio do século XVIII até meados do século XIX, quando África do Sul começou também a produzi-la. O famoso Distrito Diamantino de Minas Gerais persistiu ainda como importante produtor mundial até os anos 1980. Além dos diamantes, o Orógeno Araçuaí foi aquinhoado com vários depósitos de berilo

(esmeraldas, águas marinhas) e turmalinas, todos eles associados aos granitos abundantes no seu núcleo cristalino. O orógeno hospeda também importantes jazidas de grafita e ocorrências de minério de ferro (Dardenne & Schobbenhaus 2003, 2001, Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

Na área coberta pela folha Ponte Nova (parcial do mapa representado na Figura 8.5 são individualizados, como conjuntos maiores, as unidades do embasamento paleoproterozóico (complexos Mantiqueira e Juiz de Fora) e sua cobertura neoproterozóica (grupos Andrelândia e Dom Silvério). Além disto, ocorrem rochas metamáficas (Santo Antônio do Grama), ultramáficas (Córrego do Pimenta), graníticas (Corpo Serra dos Vieiras) e pegmatíticas (Suíte Paula Cândido), todas neoproterozóicas, e unidades litológicas formadas por hidrotermalismo em zonas de cisalhamento, diques máficos mesozóicos e aluviões recentes. Uma síntese das descrições dessas unidades encontra-se na Tabela 9.1.

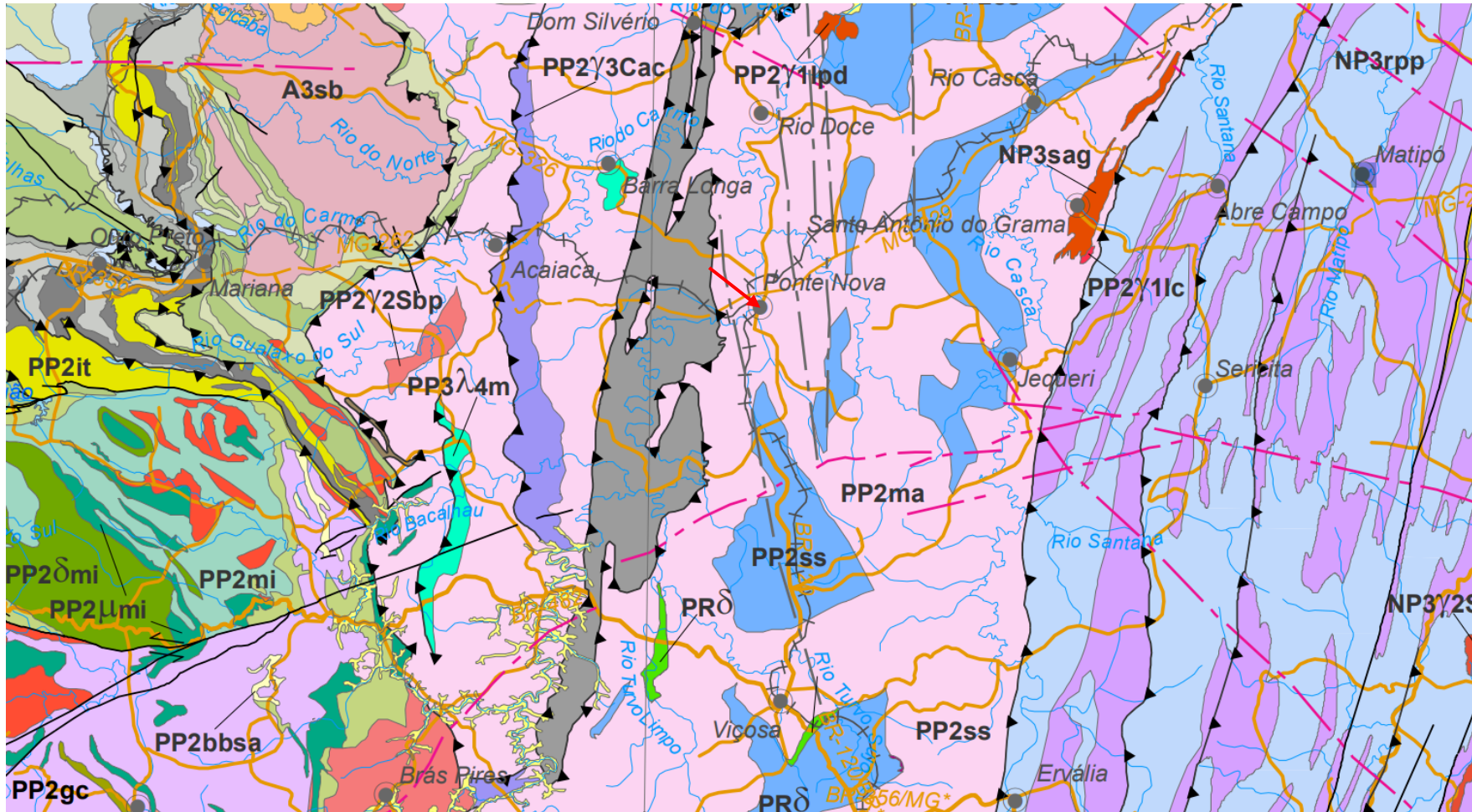


Figura 8.5 - Mapa de Geológico do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) para Ponte Nova.

Tabela 8.1 - Resumo das características macroscópicas e microscópicas das principais rochas encontradas na região de Ponte Nova.

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
Diques Máficos	Diabásio composto por Pl+Cpx, sem vestígio de metamorfismo, mostrando textura do tipo intergranular.	-
Hidrotermalitos	O hidrotermalito quartzoso é composto basicamente por quartzo, com micas e/ou feldspatos como acessórios. O hidrotermalito ferruginoso compõe-se essencialmente de quartzo e magnetita/hematita.	-
Suíte Pegmatítica Paula Cândido	Pegmatitos compostos essencialmente por Qz+Kfp+Msc+Bt±Tur.	-
Corpo Serra dos Vieiras	Esses (meta) granitóides, compostos essencialmente pela paragênese Qz+Mc+Pl±Grt±Bt, exibem microestrutura milonítica, com minerais félsicos, alongados, definindo a foliação da rocha. Comumente apresentam a textura inequigranular porfiroclástica, com cristais maiores de Pl, Mc e Qz imersos em uma matriz cominuída fina.	Recristalização sob F.Anfibolito
Ortoanfibolito Santo Antônio do Grama	A mineralogia principal desses metabasitos resume-se a Hbl+Pl+Cpx+Ttn. Com granulação predominantemente média e microestrutura granonematoblástica, os anfibolitos SAG apresentam feições de recristalização, observadas em cristais de Pl com extinção ondulante, subgrãos, e contatos retilíneos a interlobados. O Pl, levemente saussuritizado, exhibe maclas polissintéticas acunhadas, e, com menor frequência, difusas. Além da saussuritização, tem-se a alteração dos Px por uralitização; e os minerais acessórios mais comuns são Opq e Ap	F. Anfibolito
Grupo Andrelândia	O litotipo predominante nessa unidade é um paragnaisse granatífero de microestrutura granoblástica a lepidoblástica, cujos cristais apresentam granulação variando entre fina e média. Em termos de composição mineralógica, essas rochas se resumem à associação mineral Pl+Qz+Grt+Bt±Kfp±Opx±Sil. Nos minerais félsicos, podem ser observadas situações de recristalização moderada a intensa, com extinção ondulante, formação de subgrãos, e contatos intercristalinos interlobados a suturados; sendo possível, localmente, observar microestruturas núcleo-manto. Os cristais de Pl, levemente sericitizados,	F. Anfibolito a Granulito

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
	apresentam maclas difusas e/ou acunhadas; e o Kfp, quando presente, altera-se para caulinita. Os minerais acessórios mais comuns são Opq e Ap.	
Grupo Dom Silvério	O biotita-quartzo xisto descrito do Grupo Dom Silvério é constituído pela assembléia mineral Qz+Bt+Pl±Mc. Texturalmente, essa rocha apresenta granulação variando de fina a média; e, em termos de microestrutura, pode ser caracterizadas como granolepidoblástica. A foliação, definida pela Bt, pode apresentar-se dobrada; e sutis feições de recristalização são observadas apenas no Qz, no qual extinção ondulante e subgrãos podem estar presentes, simultaneamente ou separadamente. As maclas do Pl e da Mc podem apresentar-se difusas, acunhadas ou ausentes; e a biotita, levemente cloritizada. Quanto a minerais acessórios, tem-se Opq e Zrn. O hornblenda xisto é composto por Hbl+Pl±Bt±Qz, e seus cristais, de granulação fina a média, estão dispostos segundo a microestrutura nematoblástica. Cristais de Pl, deformados, podem se apresentar maclados de maneira difusa e exibir bordas albitizadas. Os contatos intergranulares nessa rocha são predominantemente retilíneos e os processos de recristalização mostram-se pouco intensos, com extinção ondulante e subgrãos, localmente visíveis no Pl. Estão ainda presentes a seritica como produto de alteração do Pl, e os minerais acessórios Opq, Ttn, e Zrn.	F. Anfibolito
Complexo Mantiqueira	Os ortognaisses do Complexo Mantiqueira, constituídos pela associação mineral Pl+Mc+Qz+Bt, apresentam cristais de granulação fina a média, e comumente exibem a microestrutura granolepidoblástica, com foliação gnáissica bem definida pela Bt. Maclas difusas e/ou acunhadas são frequentes nos cristais de Pl, cujas bordas podem mostrar-se albitizadas. Contatos interlobados a amebóides, e subgrãos caracterizam os cristais de Pl e Qz, levemente recristalizados; sendo que, nesse último, é ainda observado o fenômeno da extinção ondulante. Quanto a processos de alteração, tem-se sericirização do Pl e alteração de Hbl para Bt. Opq e Ap são os acessórios mais comuns nessas rochas. Os anfibolitos pertencentes a essa unidade são compostos essencialmente por Hbl+Pl+Ttn+Bt e apresentam microestrutura nematoblástica, com cristais de granulação predominantemente fina. A	F. Anfibolito

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
	<p>recristalização dos minerais félsicos é muito sutil, podendo ser observados, por vezes, extinção ondulante e subgrãos, coexistindo com contatos intergranulares predominantemente retilíneos. Os cristais de Pl apresentam-se maclados de maneira difusa e afetados pelo processo de sericitização. Opq, Qz, Zrn e Ap são acessórios comumente observados. Granada anfíbolitos também ocorrem e são compostos pela associação Hbl+Cpx+Pl+Grt.</p>	
<p>Complexo Juiz de Fora</p>	<p>Os ortognaisses do Complexo Juiz de Fora, de típica coloração verde escura, podem ser representados pela associação mineral Pl+Cpx+Qz+Opx, com Hbl e Bt retrometamórficas. Com textura inequigranular seriada, e granulação predominantemente média, esses gnaisses são mais comuns em sua forma granoblástica, podendo apresentar, subordinadamente, as microestruturas nematoblástica e lepidoblástica. O bandamento gnáissico mostra-se comumente visível em lâmina delgada, devido a suas dimensões centimétricas; e os processos de recristalização encontram-se evidentes em cristais de Pl e Qz, com contatos interlobados a serrilhados, extinção ondulante, e formação de subgrãos. Por ação da deformação, as maclas dos cristais de Pl apresentam-se difusas e/ou acunhadas, e a foliação gnáissica, quando presente, se mostra dobrada. Os acessórios mais comuns são Opq, Ttn, Ap e Zrn; e os processos de alteração são a uralitização do Px, e a transformação de Hbl em Bt. Os granulitos máficos do Complexo Juiz de Fora, encaixados nos ortognaisses enderbíticos típicos dessa unidade, são constituídos pela associação Pl+Hbl+Cpx+Opx+Grt. Com granulação fina a média e microestrutura predominantemente granoblástica, essas rochas contêm cristais de Pl com maclas difusas e contatos predominantemente retilíneos, apresentando evidências de recristalização tais como extinção ondulante e formação de subgrãos. A uralitização do Px e a sericitização do Pl encontram-se presentes enquanto processos de alteração, e os minerais acessórios resumem-se a Opq, Zrn e Ap. O granulito ultramáfico é porfiroblástico e composto por Opx+Cpx+Anf+Hy+Cl.</p>	<p>F. Granulito</p>

8.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

O mapa (Figura 8.6) foi desenvolvido pela Fundação Estadual de Meio Ambiente em parcerias com instituições de ensino superior de Minas Gerais, e traz um estudo aprofundado detalhando os tipos de solos encontrados em todo estado de Minas Gerais, bem como na região onde se localiza a barragem em questão.

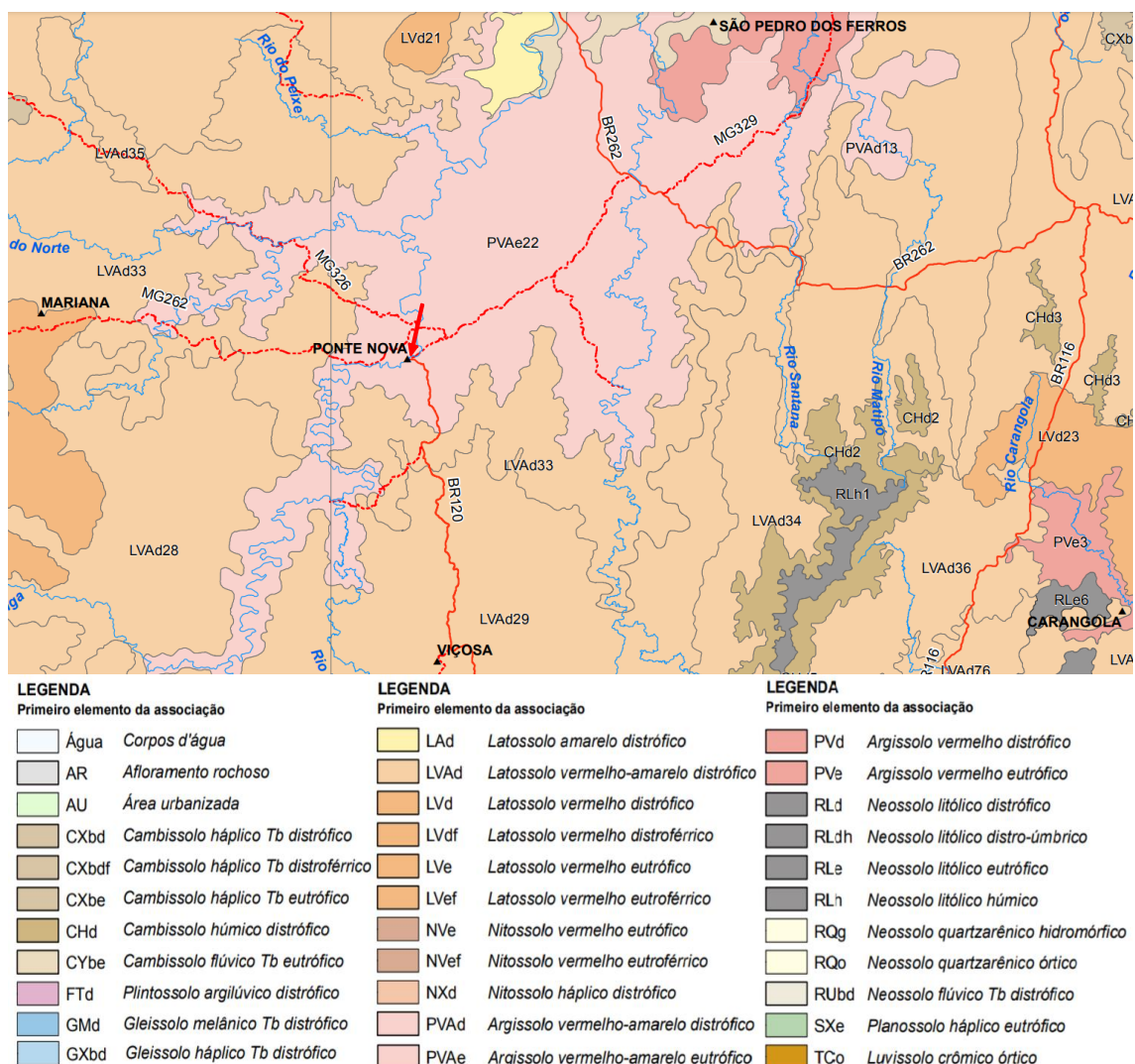


Figura 8.6 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem.

Com base nos dados analíticos e demonstrados no mapa da Figura, identificou-se o Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (PVAe22) conforme os requisitos preconizados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa,

ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para ser enquadrado nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. Os Argissolos são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São de forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente cauliníticos e com relação molecular Ki, em geral, variando de 1,0 a 3,3.

8.3 GEOLOGIA LOCAL

A geologia local é formada por solo composto por materiais argilosos com coloração variando entre amarela, cinza e marrom, com consistência de mole a rija, como demonstra os furos de sondagens realizadas na região do barramento. A Tabela 8.2 e Figura 8.7 mostra os Spt's realizados na região e a sua localização e profundidade.

Os Spt's realizados na região apresentou valores de NSPT's baixos variando de 4 a 14 golpes por camada.

Tabela 8.2 - Informações dos ensaios Spt's realizados

VÉRTICES DOS FUROS DE SONDAJENS			
FUROS DE SPT	COORD. E(X)	COORD. N(Y)	PROFUNDIDADE
SP-01	721.004,03	7.740.059,01	10,45
SP-02	721.011,31	7.740.073,57	10,45
SP-03	720.997,79	7.740.077,07	2,54
SP-04	720.992,03	7.740.064,07	2,55

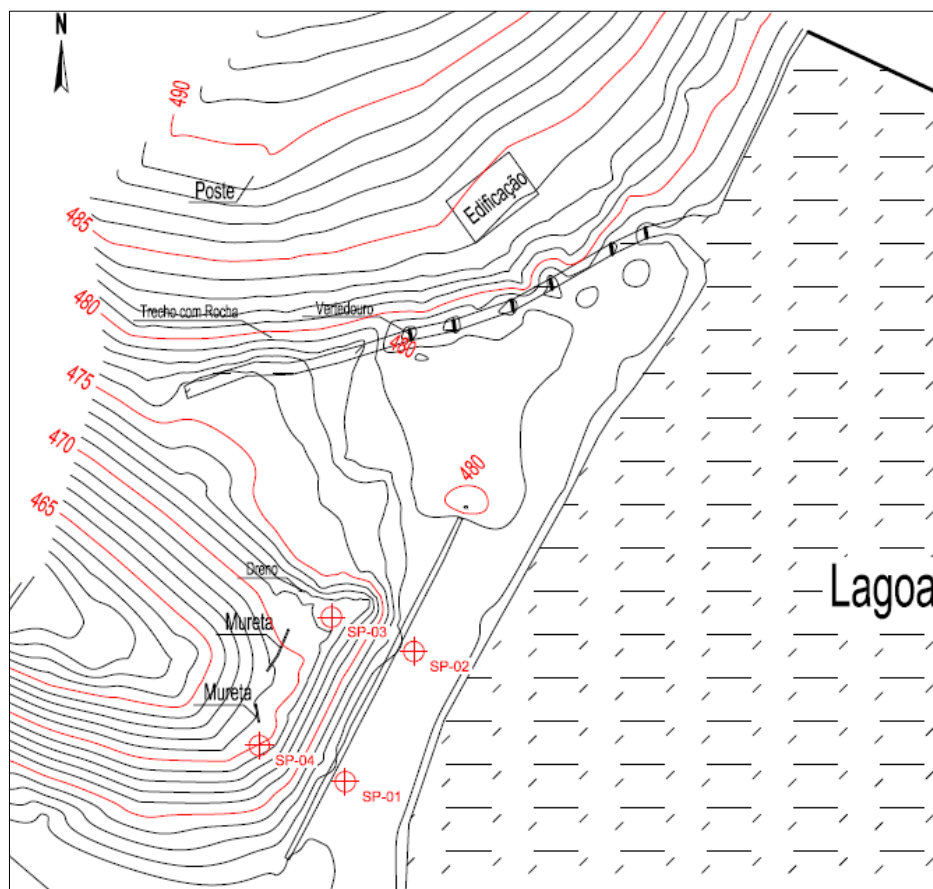


Figura 8.7 - Localização dos ensaios Spt's em planta.

8.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS

Para o desenvolvimento do Projeto Conceitual de Adequação da Barragem Passa Cinco, foram realizados ensaios em campo e laboratório para dar suporte ao estudo de estabilidade.

Foram coletadas três (3) amostras indeformadas do tipo bloco, as amostras são nomeadas por AM-01 (ombreira direita), AM-02 (crista) e AM-03 (ombreira esquerda). Os ensaios laboratoriais realizados foram o triaxial do tipo CIU (nas tensões de 75, 150 e 300 Kpa), caracterização completa (limites de atterberg, granulometria completa e massa específica dos grãos) e ensaio de permeabilidade a carga variável.

O ensaio de campo realizado, foi o ensaio de sondagem à percussão (*Standard Penetration Test - Spt*). Foram realizados 4 pontos deste ensaio, ou seja, o SP-01 e SP-02 na crista e SP-03 e SP-04 no pé da barragem.

8.4.1 ALUVIÃO (FUNDAÇÃO)

Esta unidade se refere ao material presente na fundação da barragem. Não foram coletadas amostras deste material e, deste modo os parâmetros do material foram determinados com base em correlação com NSPT. Foram testadas diferentes metodologias e os resultados obtidos apresentados na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 - Ângulo de atrito efetivo em função do NSPT,70 – Aterro a jusante

Parâmetros Estatísticos	ÂNGULO DE ATRITO (ϕ') EM FUNÇÃO DO NSPT							
	Lambe & Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka & Uchida, 1996	Teixeira & Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009	(ϕ') mínimo
Média	<28	29	29	32	26	26	28	26
Mediana	<28	29	29	32	26	26	28	26
Mín	<28	29	29	31	26	26	27	26
Máx	28	30	29	33	28	27	29	28
Moda	<28	29	29	33	26	26	29	26

Conforme pode ser observado, os valores do ângulo de atrito, obtido tanto nas correlações com NSPT indicam ângulo de atrito da ordem de 26°.

8.4.2 ATERRO (MACIÇO)

Para o aterro, foram realizados ensaios Spt's pela empresa Viçosa Fundações e Sondagens LTDA e foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIU, permeabilidade a carga variável, além da caracterização completa pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

8.4.2.1 Caracterização Física

Neste material foram coletadas amostras indeformadas do tipo bloco. Nestas amostras foram realizados ensaios de caracterização (granulometria completa, massa específica dos sólidos, peso específico, limites de consistência) além de ensaios de resistência ao cisalhamento triaxial do tipo CIUsat e permeabilidade com carga variável. Na Tabela 8.4 é apresentado um resumo dos resultados dos referidos ensaios.

Conforme apresentado na Tabela 8.4, a amostra obtida tem textura granular (31,5% a 44,1 de pedregulhos e areia). A fração argila é elevada (acima 45%), com característica plástica. O peso específico dos grãos é de aproximadamente 2,7 g/cm³.

Tabela 8.4 – Resumo dos resultados de caracterização

Amostra	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Permeabilidade k (cm/s)	Granulometria (%)			
						Pedr.	Areia	Silte	Arg
AM-02 (Ombreira Direita)	2,75	58	33	25	5,2 x 10 ⁻⁴	1,1	33,0	11,9	54,0
AM-01 (Ombreira Direita)	2,72	45	27	18	1,6 x 10 ⁻³	1,6	42,5	10,9	45,0
AM-03 (Ombreira Esquerda)	2,73	57	36	21	5,96 x 10 ⁻⁵	1,1	30,5	13,3	55,0

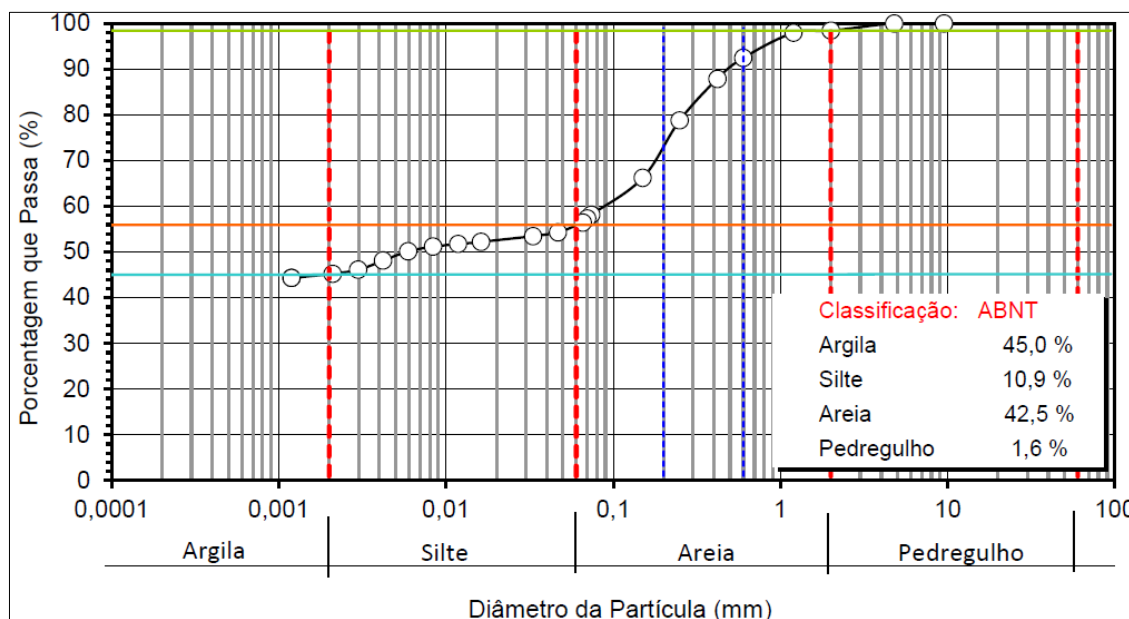


Figura 8.8 - Amostra AM-01.

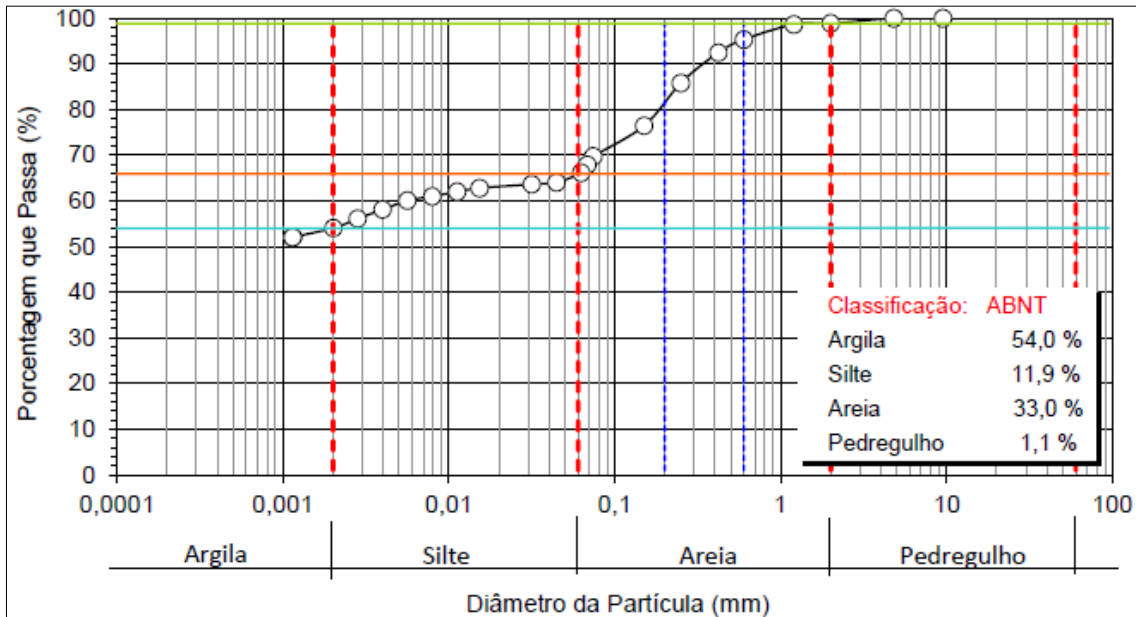


Figura 8.9 - Amostra AM-02.

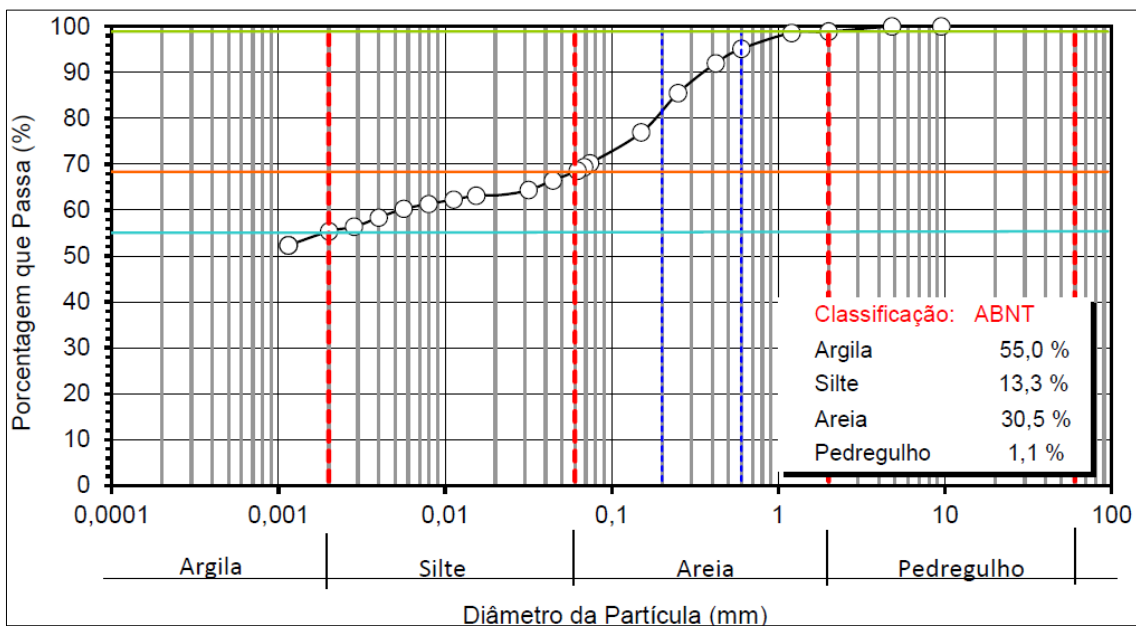


Figura 8.10 - Amostra AM-03.

8.4.2.2 Parâmetros de Resistência

Foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIUsat em três amostra coletada na crista e ombreiras, AM-01, AM-02 e AM-03. Os resultados são apresentados nas Figura 8.14, Figura 8.15 e Figura 8.16.

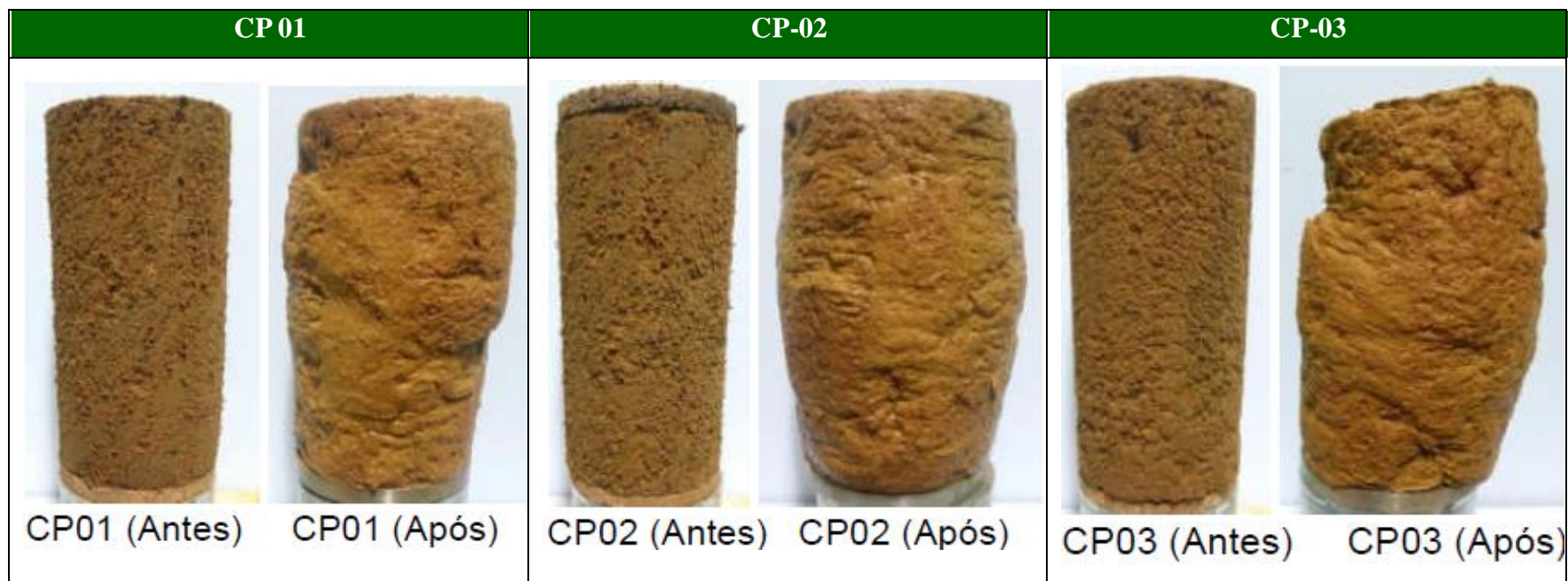


Figura 8.11 - Imagem dos corpos de prova AM-01.

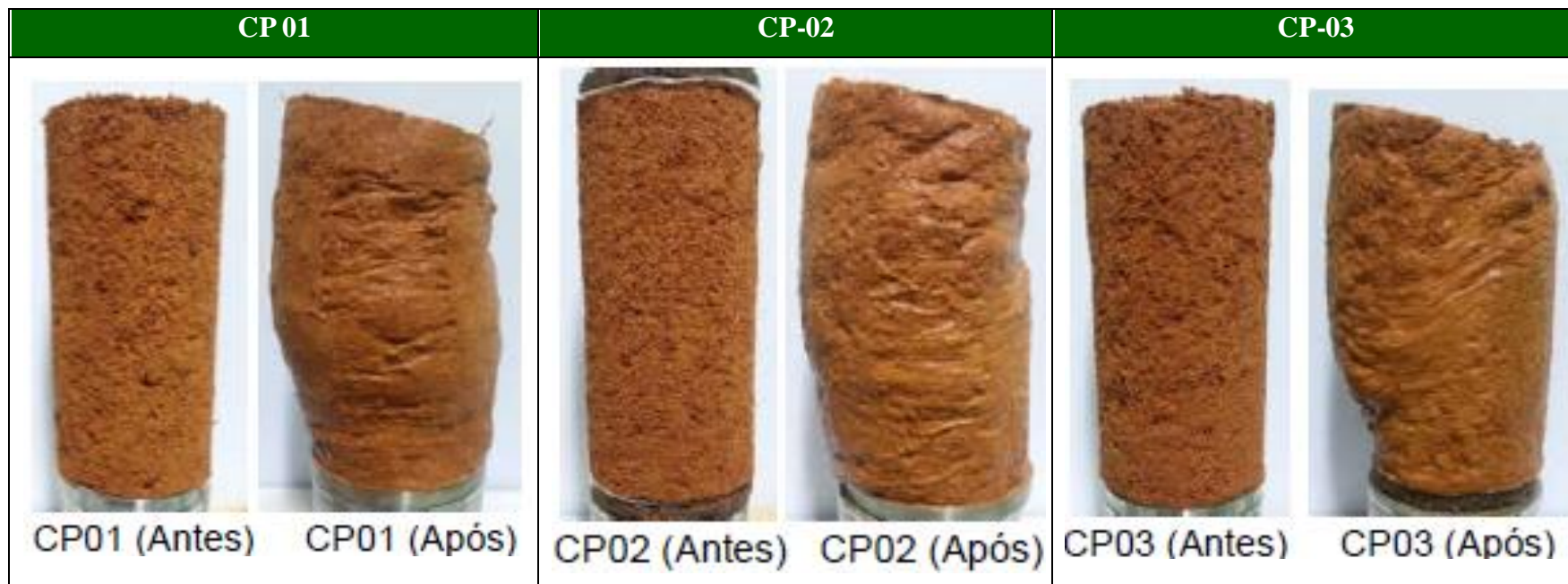


Figura 8.12 - Imagem dos corpos de prova AM-02.

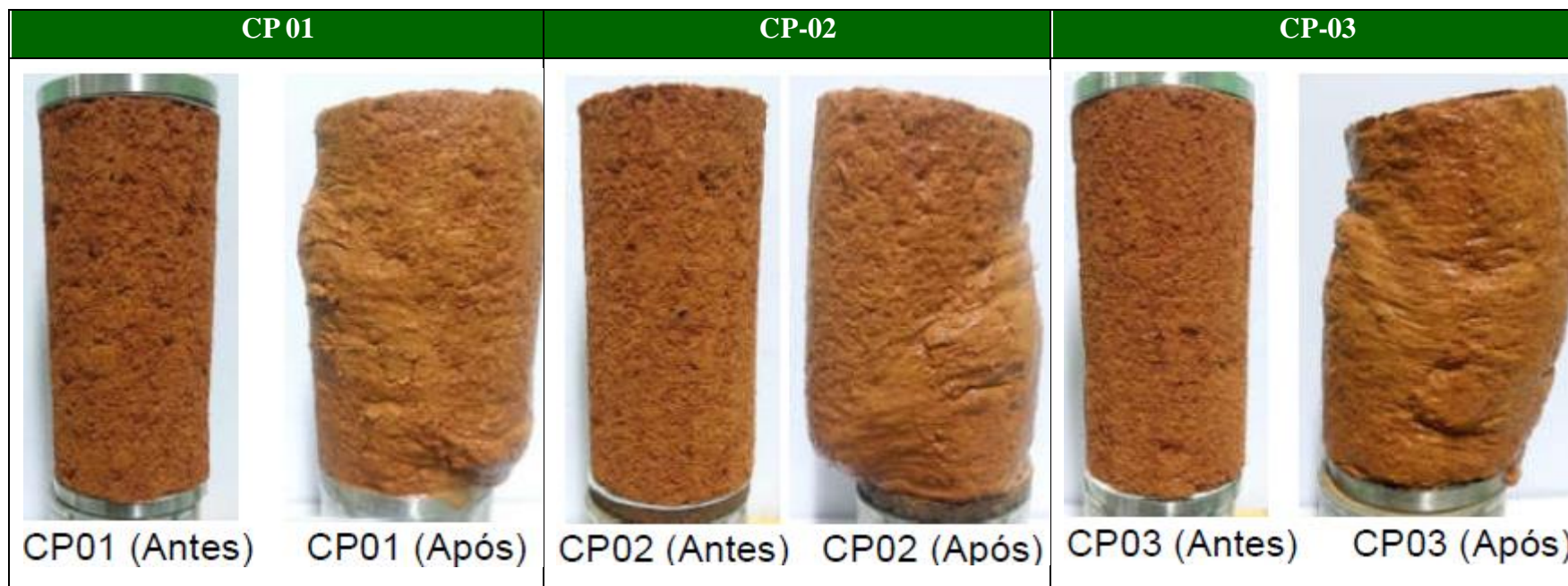


Figura 8.13 - Imagem dos corpos de prova AM-03.

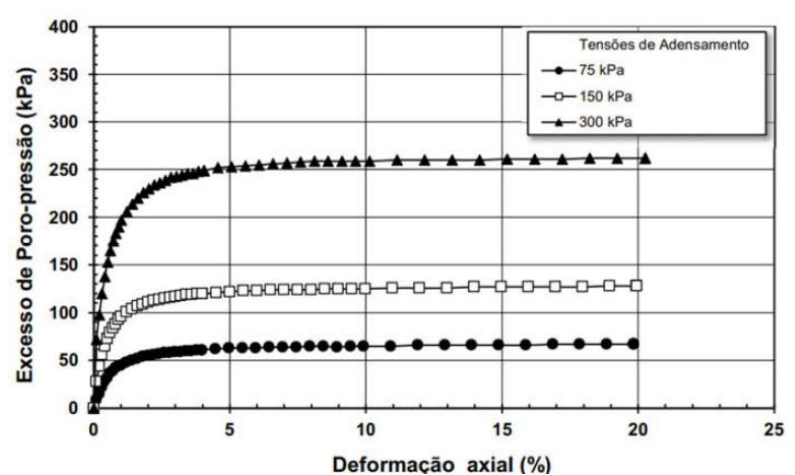
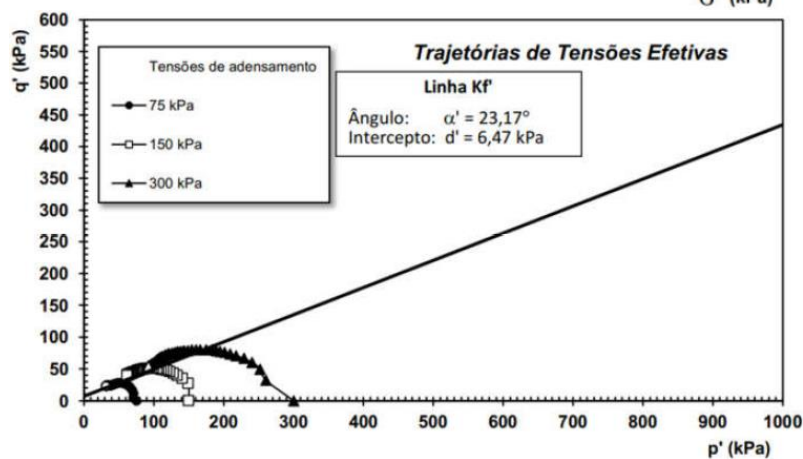
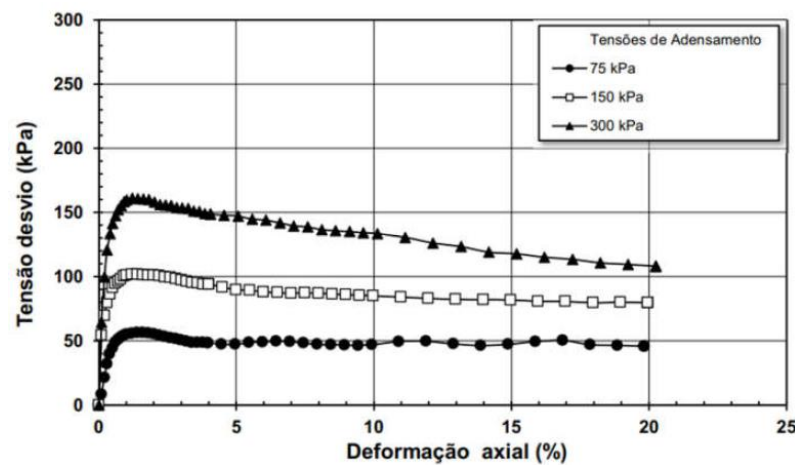
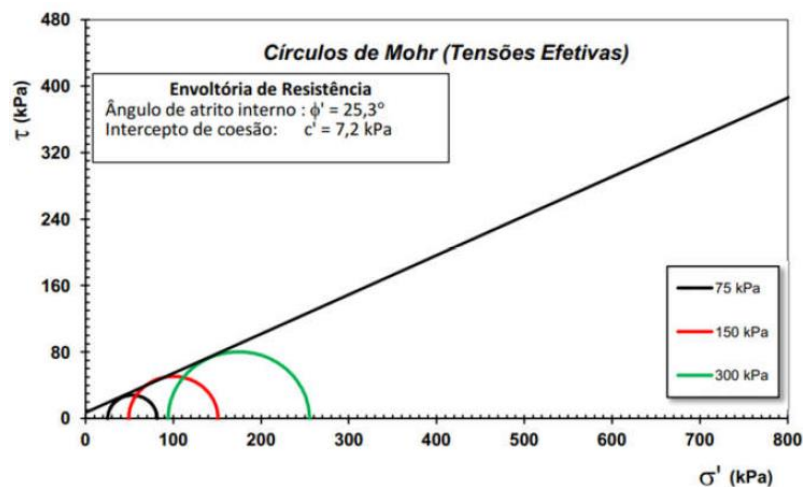


Figura 8.14 - Resultado do triaxial da amostra AM-01 (ombreira direita).

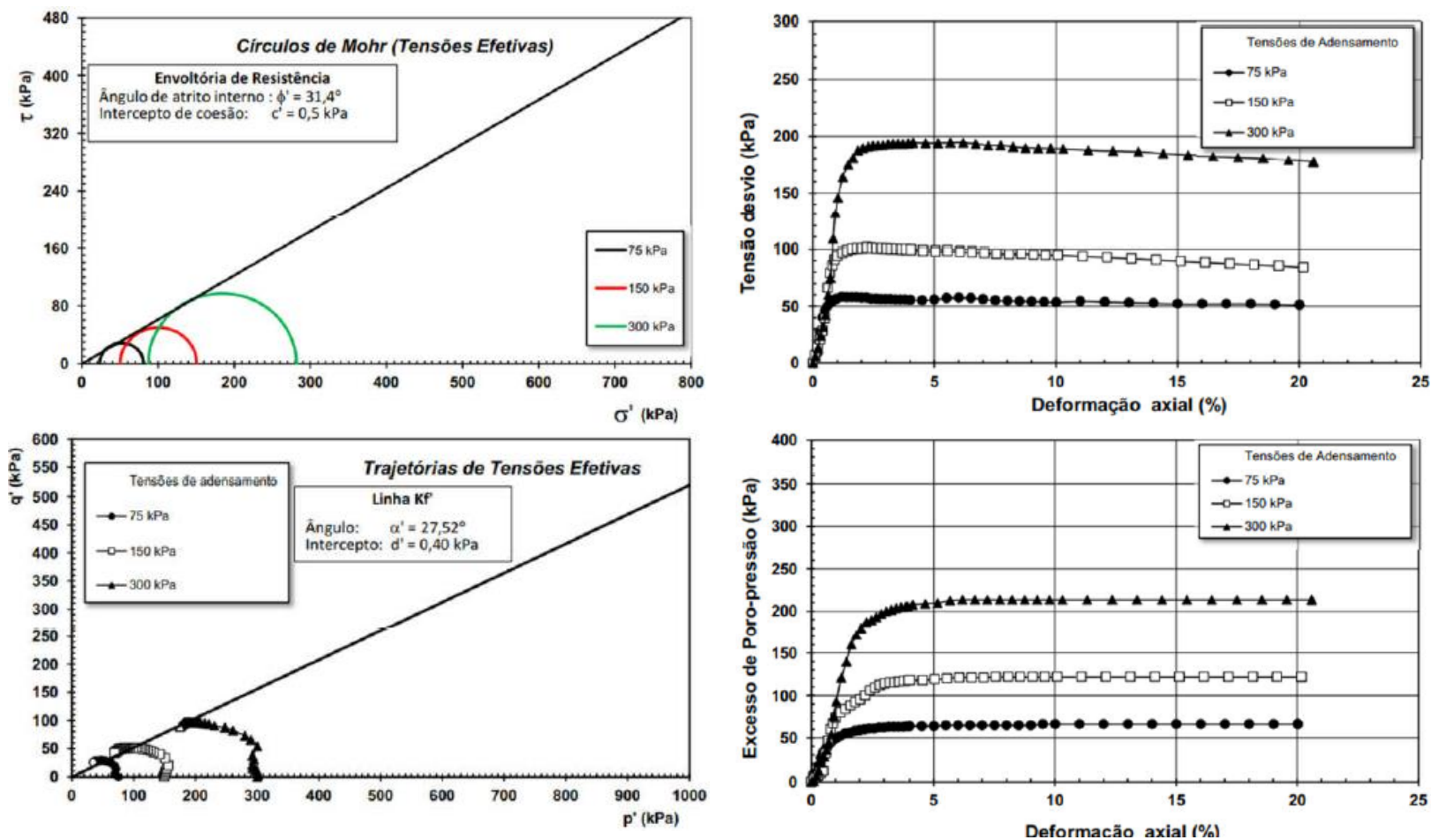


Figura 8.15 - Resultado do triaxial da amostra AM-02 (crista).

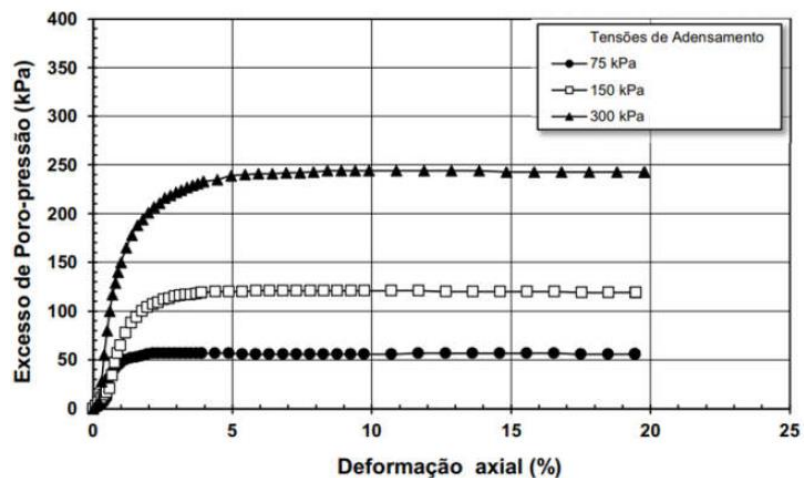
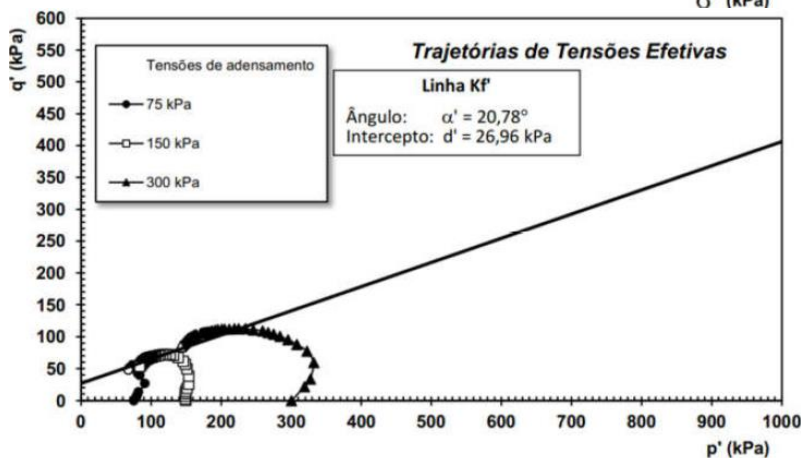
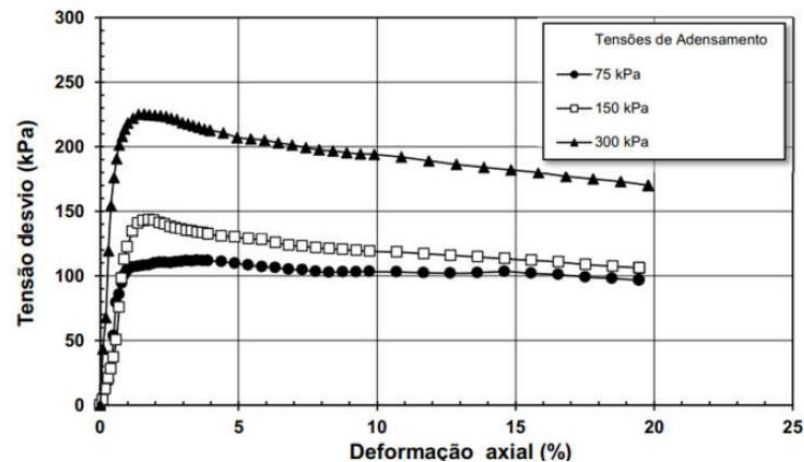
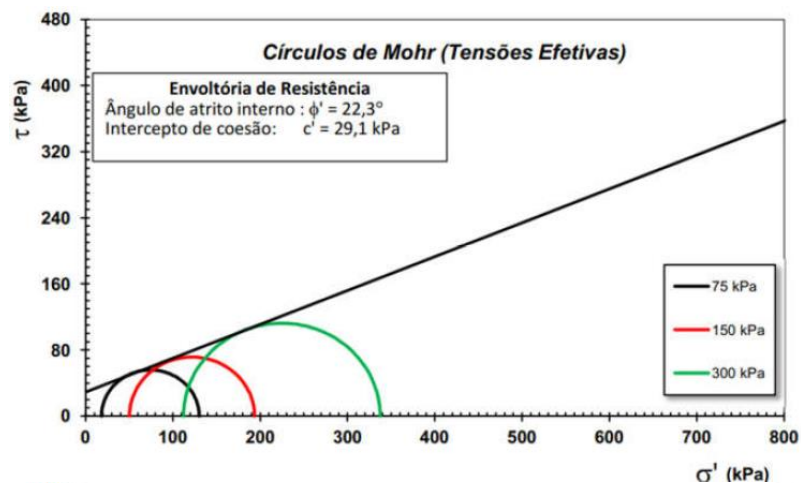


Figura 8.16 - Resultado do triaxial da amostra AM-03 (ombreira esquerda).

Visando ainda um contraponto em relação aos ensaios de laboratório, foram realizadas correlações com ensaios percussivos para a obtenção de ângulos de atrito. Conforme pode ser observado na Tabela 8.5, as correlações indicaram ângulo de atrito variando entre 21° e 31°.

Tabela 8.5 - Ângulo de atrito efetivo em função do NSPT,70 – Solo de Aterro.

Parâmetros Estatísticos	Ângulo de atrito (ϕ') em função do NSPT							
	Lambe & Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka & Uchida, 1996	Teixeira & Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009	(ϕ') mínimo
Média	29	31	30	35	28	29	32	28
Mediana	29	31	30	35	28	29	32	28
Mín	<28	29	28	28	21	24	23	21
Máx	31	34	32	38	32	33	35	31
Moda	29	31	30	35	28	29	32	28

Conforme pode ser observado, os valores do ângulo de atrito, obtido tanto nos ensaios de laboratório quanto correlações com NSPT indicam ângulo de atrito da ordem de 28° e coesão de 15 kPa.

8.5 SISMICIDADE REGIONAL

A sismicidade ou atividade sísmica de uma área refere-se à frequência, tipo e tamanho dos sismos ao longo de um período de tempo na região. Esses tremores ocorrem principalmente por dois tipos, podendo ser condicionados por uma liberação de energia na crosta terrestre, ou induzidos por uma ação antrópica como, por exemplo, a construção de grandes represas hidrelétricas, barragens de rejeito e a lavra de mineração a céu aberto ou subterrânea.

Embora ocorram em baixas magnitudes, os sismos induzidos por ações antrópicas são de suma importância para a geotecnia. A Figura 8.17 mostra mapas de sismicidade brasileira com discriminação entre eventos naturais e desencadeados.

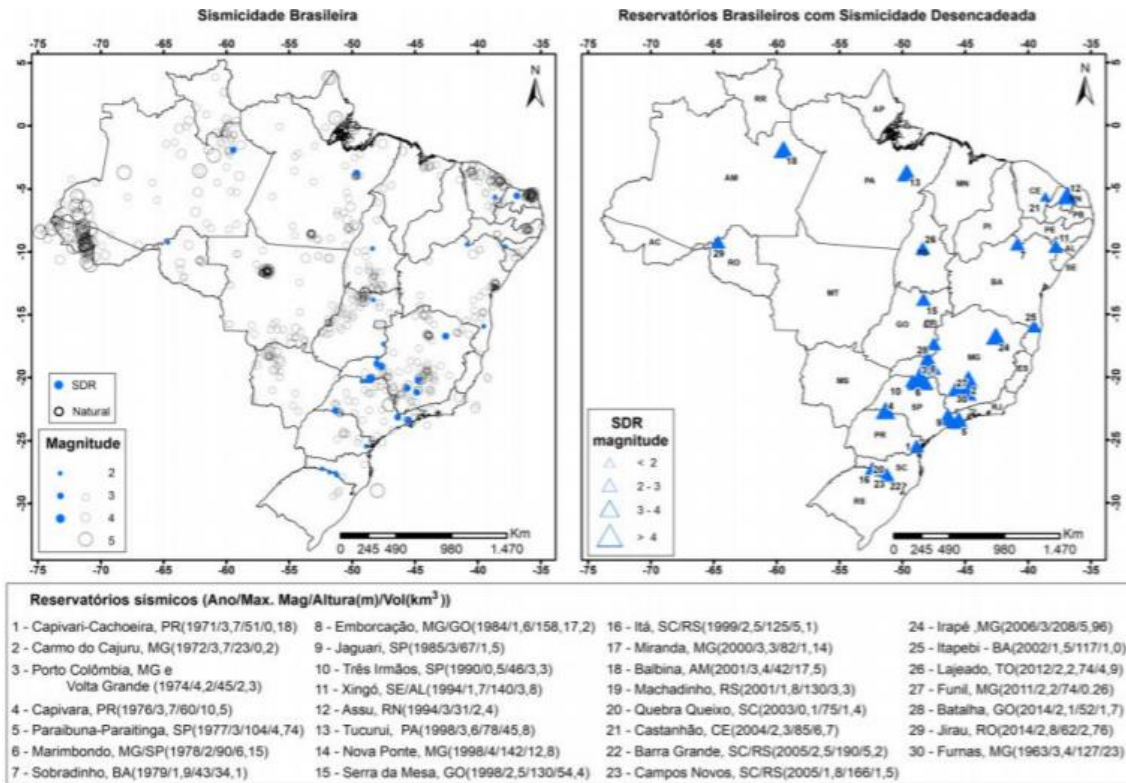


Figura 8.17 - Mapa de sismicidade brasileira com discriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada.

De acordo com Oliveira & Marchioretto (2013), para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d'água a grandes profundidades, em planos de fraquezas do maciço rochoso subjacente ao reservatório que estejam submetidos a estados críticos de tensão. Desta forma os estudos geológicogeotécnicos são fundamentais para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras.

Para o cálculo específico da aceleração a ser utilizada nas análises de estabilidade, o estudo seguiu os critérios especificados pela *Canadian Dam Association* – CDA, no documento *Dam Safety Guidelines* 2014, onde a aceleração máxima horizontal (PGA) depende do Tempo de retorno – TR em função da classificação da barragem. Na sequência, o coeficiente sísmico horizontal (Kh) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson e Franklin, 1983; Hynes-Griffin e Franklin, 1983; entre outros).

Embora a utilização de um valor para o coeficiente sísmico vertical K_v seja um conceito muito difundido, Seed e Martin (1966), e Duncan e Wright (2005) sugerem que o coeficiente sísmico vertical seja adotado igual a 0, sob a hipótese de que o movimento das ondas sísmicas cisalhantes é vertical. Papadimitriou *et al* (2014), por sua vez, reforça que os valores de acelerações verticais em regiões de baixa atividades sísmicas podem ser consideradas desprezíveis ou de baixa relevância.

Sendo assim seguindo recomendações apresentadas pela CDA no documento *Dam Safety Guidelines 2007*, a metodologia adotada para determinação do K_h consiste em:

- Classificação da barragem pelos critérios propostos pelo CDA;
- Determinação do tempo de retorno do sismo de projeto;
- Determinação do sismo de projeto;
- Realização da análise pseudoestática.

A classificação da Barragem Passa Cinco a partir da metodologia proposta pela CDA pode ser observada na Tabela 8.6.

Tabela 8.6– Classificação da Barragem Passa Cinco (CDA 2007, Edição 2013)

CLASSIFICAÇÃO	POPULAÇÃO EM RISCO (NOTA 1)	PERDAS DE VIDA (NOTA 2)	VALORES CULTURAIS E AMBIENTAIS	INFRAESTRUTURA E ECONOMIA
Baixa	Nenhuma	0	- Perda mínima de curto prazo - Nenhuma perda de longo prazo	- Perdas econômicas baixas; - Área contem serviços e infraestrutura limitadas
Significativa	Apenas temporariamente	Não especificada	- Perda/deterioração não significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Perdas limitadas a habitats marginais - Restauração e compensações altamente factíveis	- Perdas a instalações recreacionais, locações laborais temporárias, e rotas de transporte pouco utilizadas
Alta	Permanente	10 ou menos	- Perda/deterioração significativa habitat natural de vida silvestre ou aquática importantes - Restauração e compensações altamente possível	Perdas econômicas elevadas com consequências a infraestrutura, transporte público, e instalações comerciais
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	- Perda/deterioração significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática <i>críticos</i> - Restauração e compensações possíveis, mas impraticáveis	Perdas econômicas muito elevadas, afetando infraestrutura e serviços importantes (ex: rodovias, instalações industriais e de armazenamento de substâncias perigosas)
Extrema	Permanente	Mais de 100	- Perda/deterioração grave de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Restauração e compensações impossíveis	Perdas extremas afetando infraestrutura e serviços críticos (ex: hospitais, grandes complexos industriais e de armazenamento de substâncias perigosas)

Nota 1 - Definição de população em risco

Nenhuma - Não é verificada a população em risco, não havendo possibilidade de perda de vidas além daquelas ligadas a qualquer infortúnio

Temporária - Pessoas que estão apenas de forma temporária na zona de inundação (ex: ocupação residencial sazonal, transeuntes em rotas de transporte, participação em atividades recreativas)

Permanente - A população em risco está habitualmente localizada na zona de inundação (ex: moradores permanentes); três classes de consequência (alta, muita alta e extrema) são propostas para permitir uma estimativa mais detalhada da potencial perda de vidas (para assistir o processo de tomada de decisões se análises apropriadas são feitas);

Nota 2- Implicações a perdas de vida

Não especificada - O nível apropriado de segurança em uma barragem onde pessoa estão

temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, a natureza de sua atividade e outras condicionantes. Uma classe maior pode ser apropriada dependendo das exigências. No entanto, as exigências da análise de cheias, por exemplo, não pode ser maior se a população temporária não é provável de estar presente durante a temporada de cheias.

Para a classificação da Barragem Passa Cinco foram considerados os seguintes critérios:

- **População em Risco:** *Permanente.* Considerando a localização da estrutura um possível rompimento atinge uma parte de um bairro de Ponte Nova.
- **Número de Vidas em Risco:** *100 ou menos.* Devido o bairro situado a jusante da barragem, uma ruptura poderá ter perda de vidas entre 10 a 100 pessoas;
- **Perdas Ambientais e Culturais:** *Perda/deterioração não significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Perdas limitadas a habitats marginais - Restauração e compensações altamente factíveis.* Considerando a localização da estrutura, um possível rompimento não atingiria regiões significativas de habitats.
- **Infraestrutura e Economia:** *Perdas econômicas elevadas, afetando infraestrutura, transporte e estabelecimentos comerciais.* Um possível rompimento atinge ruas e avenidas onde transitam transporte público, podendo acarretar em perda econômicas elevadas.

A classe de risco da estrutura é determinada pelo item de maior consequência. Assim, a estrutura foi classificada como risco muito alto. Para estruturas de risco muito alto, a CDA recomenda adotar para definição do sismo de projeto tempo de retorno de 2.475 anos, conforme a Tabela 8.7.

Tabela 8.7– Avaliação das probabilidades de excedência (CDA 2007, Edição 2013)

CLASSIFICAÇÃO (NOTA 1)	PROBABILIDADE DE EXCEDÊNCIA ANUAL - CHEIAS (NOTA 2)	PROBABILIDADE DE EXCEDÊNCIA ANUAL - TERREMOTOS (NOTA 3)
Baixa	1/100	1/100
Significativa	Entre 1/100 e 1/1.000 (nota 4)	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/3 entre 1/1.000 e PMF* (nota 5)	1/2.475 (nota 6)
Muito Alta	2/3 entre 1/1.000 e PMF* (nota 5)	1/2 entre 1/2.475 e 1/10.000 ou MCE* (nota 5)
Extrema	PMF* (nota 5)	1/10.000 ou MCE* (nota 5)
Esta tabela trata de apenas dois riscos naturais, e não considera que outro tipo de risco que possa ser considerado em avaliações de segurança de barragem		

*PMF – *probable maximum flood* (máxima cheia provável); MCE – *maximum credible earthquake* (maior sismo credível); AEP – *annual exceedance probability* (probabilidade de excedência anual);

- 1 - Como definido na Tabela 4.1 - Classificação de Barragem;
- 2 - Simples extrapolação das estatísticas de cheias além de 10-3 AEP não é aceitável;
- 3 - Valores médios do intervalo estimado nos níveis de AEP para terremotos devem ser usados;
- 4 - Selecionado com base na análise incremental de cheias, exposição, e consequência de falha;
- 5 - PMF e MCE não tem AEP associados;
- 6 - Esse nível foi escolhido para garantir compatibilidade com o estabelecido nas normas de construção canadenses.

Em função da inexistência de estudos de ameaça sísmica local para a determinação do PGA associado a um equivalente a $\frac{1}{2}$ entre 2.475 e 10.000 anos ou MCE, o PGA para a região onde está localizada a Barragem Passa Cinco, foi determinado com base nos estudos apresentados por Assumpção *et al.* (2016), que apresenta um estudo de ameaça sísmica para regiões do Brasil. Para obtenção do valor de aceleração sísmica, foi considerado o mapa com tempo de retorno (TR) de 2.475 anos (Figura 8.18). Além do mais, os estudos apresentados por Assumpção *et al.* (2016), apresentam acelerações de pico em rocha - PGA_{rocha} , não sendo este o material de fundação da estrutura em estudo. A aceleração de projeto deve levar em conta efeitos de amplificação/ atenuação de ondas, distância focal do sismo e afins. Conforme, o Guia Ambiental do Ministério de Minas e Energia do Peru (MINEM -1997), aponta que as acelerações sísmicas em material de solo, para uma mesma distância focal, são entre 46% e 65% maiores em relação a acelerações em material rochoso.

Indica-se, portanto, a realização de estudo de ameaça sísmica local, com a determinação do PGA, tal como recomendado pelo CDA e pelo MINEM para falhas na proximidade de até 100 km da estrutura analisada, tanto na base rochosa quanto na base do maciço considerando a transmissão de ondas no solo.

Adicionalmente, conforme recomendado pelo CDA, MINEM, Perez & Tapia & Reyes & Ayala entre outros autores, uma estrutura estável durante um evento sísmico pode ainda experimentar deformações prejudiciais.

A estimativa dos deslocamentos permanentes induzidos por sismos deverá ser determinada a partir da elaboração de um acelerograma sintético obtido de um estudo de perigo sísmico, considerando a propagação de ondas, sejam estas análises em 1D, 2D ou 3D. Conforme Murphy (2010) os deslocamentos podem ser calculados por meio de três abordagens: análise de bloco rígido, desacoplada e acoplada. Dentre as análises mais conhecidas tem-se: para a análise de blocos rígidos, o método de Newmark (1965) - 1D; na análise desacoplada o Makdisi & Seed (1978) - 1D; e o Bray & Travararou (2007) - 1D e análises numéricas dinâmicas, realizadas por softwares como o PLAXIS ou FLAC (2D e 3D), fazem parte dos métodos acoplados. Ainda, o método Bray & Travararou (2009) permite selecionar um coeficiente sísmico com base nos deslocamentos máximos permitidos e no período natural de uma estrutura terrestre, melhorando assim a abordagem pseudo-estática.

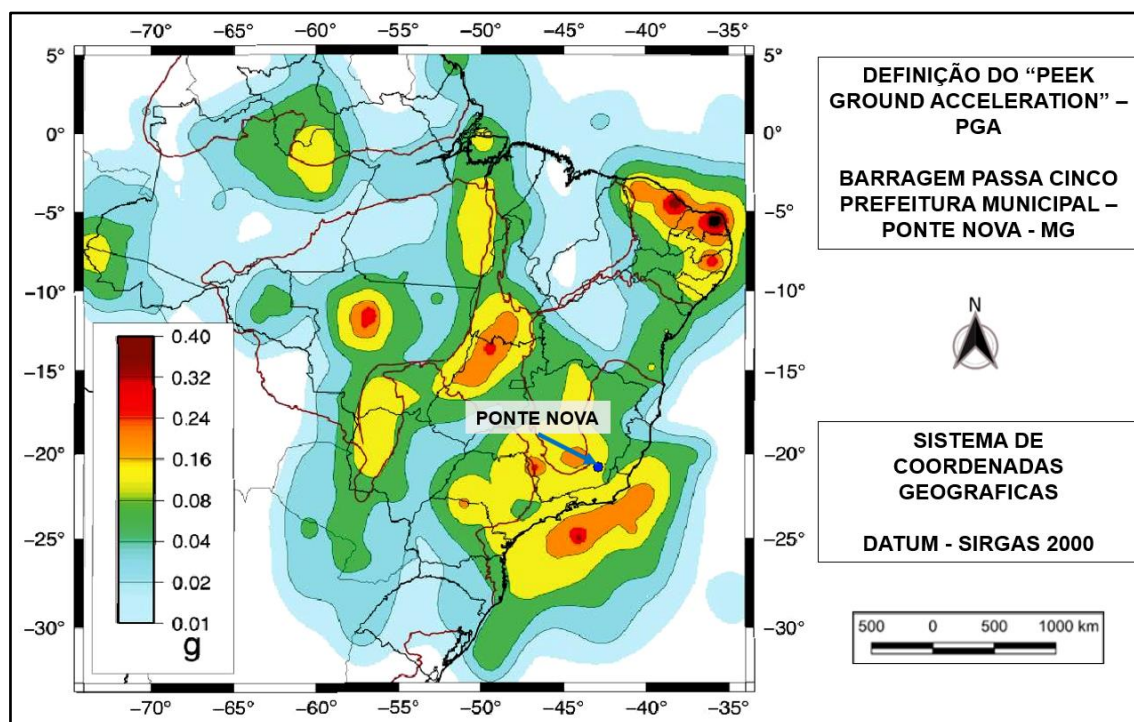


Figura 8.18– Mapas de Ameaça Sísmica (“Seismic Hazard Maps”) para aceleração de pico (Peak Ground Acceleration - PGA) em rocha, para probabilidades de 2% de excedência em 50 anos, correspondendo a período de 2475 anos. Extraído de Assumpção et al., (2016).

Conforme indicado na Figura 8.18, a Barragem Passa Cinco está inserida na zona indicada com aceleração máxima de 0,16g no trabalho de Assumpção et al., 2016. Portanto, o valor adotado para o coeficiente de aceleração sísmica horizontal (K_h) nas análises pseudoestáticas foi igual a 0,08g, considerando, conforme supracitado, que o coeficiente sísmico horizontal (K_h) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson & Franklin, 1983; Hynes-Griffin & Franklin, 1983; entre outros).

9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

O presente item apresenta as definições, critérios, parâmetros geotécnicos e a seção analisada para a segurança do maciço principal da Barragem Passa Cinco, considerando os critérios estabelecidos na NBR 13.028 (ABNT, 2017).

9.1 ANÁLISES DE ESTABILIDADE PARA CONDIÇÃO ATUAL E COM REFORÇO

As análises de estabilidade estudaram a condição normal de operação da barragem e sismo, simulando a condição atual da estrutura, ambos com nível normal do reservatório. A partir da avaliação atual da barragem, foi possível verificar que a mesma possui fatores de segurança abaixo do recomendado por norma. Deste modo, foi proposto um aterro de reforço para aumentar os fatores de segurança, além da proposição de um filtro (drenagem interna) de contato entre o maciço atual e o aterro de reforço, para proporcionar adequação do fluxo interno da estrutura.

9.1.1 PARÂMETROS ADOTADOS NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Mediante as sondagens e os resultados dos ensaios de laboratório de amostras coletadas no maciço e fundação da barragem, a definição dos parâmetros de resistência para os materiais baseou-se nestes resultados além da experiência dos profissionais da BARUK em materiais similares, buscando valores mais conservadores e próximos da realidade local. A Tabela 9.1 apresenta os parâmetros adotados nas análises numéricas.

Tabela 9.1 - Parâmetros de resistência dos materiais

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA				
Material	Peso específico natural (Kn/m ³)	Peso específico saturado (Kn/m ³)	Triaxial (Tensões Efetivas)	
			Coesão (Kpa)	Ângulo de atrito (ϕ)
Aterro ¹	16	17	15	28
Aluvião ²	16	17	2	26
Rocha Alterada ³	20	21	40	40
Gnaise ³	25	26	400	40
Aterro de Reforço ⁴	18	19	20	30

1-Parâmetros obtidos após ensaios de laboratório e de campo;

2-Parâmetros obtidos após ensaios de campo;

3-Parâmetros obtidos a través das experiências da equipe da Baruk com materiais semelhantes;

4-Parâmetros estimados com base nas experiências da equipe da Baruk e que devem ser verificados para escolha das jazidas e utilização dos mesmos.

9.1.2 CRITÉRIOS E CONDIÇÕES DE CONTORNO

Para a Barragem Passa Cinco a norma NBR 13.028 (ABNT, 2017) preconiza os seguintes fatores de segurança mínimos ($FS_{\text{mín}}$) que devem ser considerados para análises de estabilidade, em termos de tensões efetivas (Tabela 9.2).

Tabela 9.2 - Fatores de segurança mínimo para barragens

FASE	TIPO DE RUPTURA	TALUDE	FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Operação com rede de fluxo em condição crítica	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1

As situações de superfície freática, conforme a NBR 13.028 (ABNT, 2017), podem ser definidas como:

- Superfície freática normal: quanto o sistema de drenagem interna está operando corretamente;
- Superfície freática crítica: quando o sistema de drenagem interna não está operando corretamente.

Para avaliação da segurança dos taludes da Barragem Passa Cinco, foram realizadas análises de estabilidade baseadas na teoria do Equilíbrio Limite por três métodos de

análises, sendo eles: Bishop Simplificado, Morgenstern-Price e Spencer por meio do programa computacional de estudos bidimensionais Slide® 2.0. Nestas análises foram buscadas superfícies circulares (maciço homogêneo) e não circulares potenciais de ruptura, em busca do menor fator de segurança (FS).

Segundo Gerscovich (2016) a superfície de ruptura tende a ser circular em solos relativamente homogêneos, podendo ter uma aparência mais achatada na ocorrência de uma anisotropia mais significativa em relação a resistência. Já as superfícies planares ou translacionais caracterizam-se pelas descontinuidades ou planos de fraquezas. E, por fim, as rupturas de forma mista ocorrem quando há uma heterogeneidade, caracterizada pela presença de materiais ou descontinuidades com resistências mais baixas. Sendo assim, entende-se que o maciço e os materiais de fundação da Barragem Passa Cinco são homogêneos, não apresentando anisotropia, portando, para todas as análises foram buscadas superfícies circulares potenciais de ruptura.

Nas análises de estabilidade foram adotados os seguintes critérios:

- Ruptura global do tipo circular;
- Cálculo das poropressões (pressões neutras) através da superfície freática hipotética, segundo as condições de saturação estabelecidas; e
- Os materiais que compõem o perfil geológico-geotécnico dos taludes são isotrópicos e homogêneos.

9.1.3 RESULTADOS OBTIDOS PARA A CONDIÇÃO ATUAL

Para a proposição das melhorias da Barragem Passa Cinco, foram conduzidas análises para diagnóstico da condição atual da estrutura. Essas análises foram baseadas na topografia realizada em 2021, no modelo geológico-geotécnico proposto, resultados das campanhas de investigação.

As análises foram realizadas para a seção central (A-A), ou seja, seção mais crítica, conforme localização indicada na

Figura 9.1- Locação da seção de análise em planta.

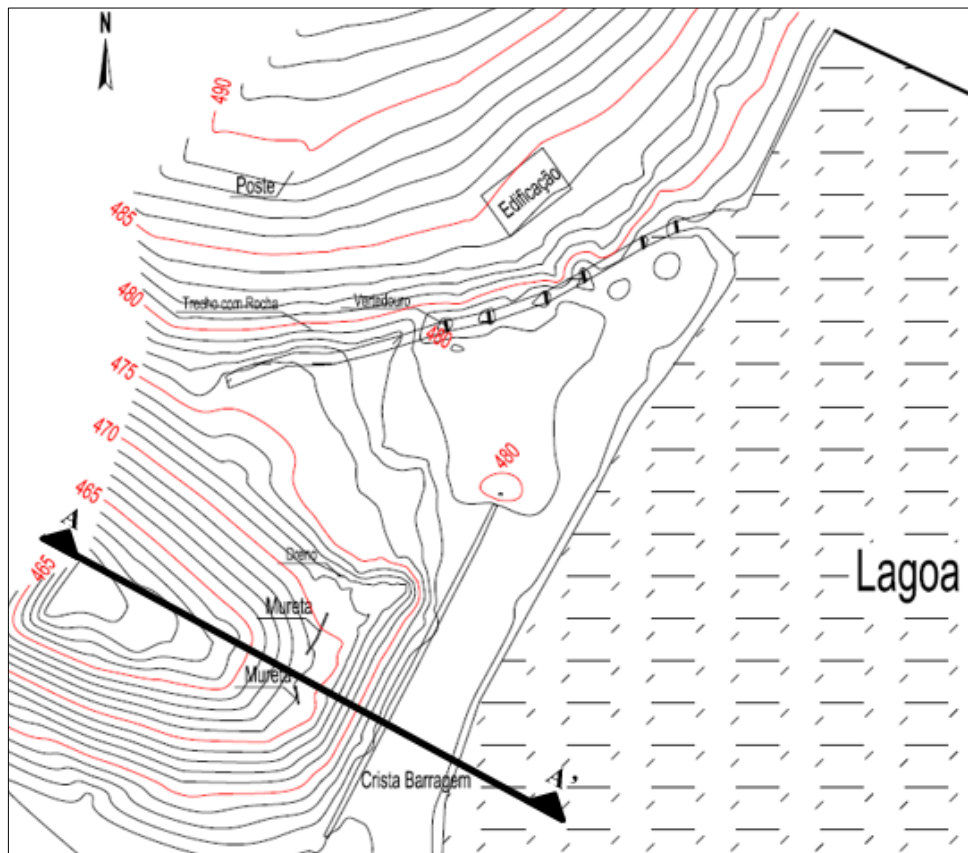


Figura 9.1- Localização da seção de análise em planta.

As figuras com os resultados obtidos nas análises numéricas finais de estabilidade para as seções geotécnicas estudadas em condições normais e condições críticas estão apresentadas a seguir. A Tabela 9.3 apresenta uma síntese de tais resultados.

Tabela 9.3 - Fatores de segurança obtidos para condição atual

FASE	TALUDE	FSMIN	FSOBTIDO
			MACIÇO DA BARRAGEM
			SEÇÃO CRÍTICA
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5	1.10
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Jusante	1,1	0.94

As análises de estabilidade realizadas para a seção crítica da Barragem Passa Cinco mostraram que os **fatores de segurança obtidos estão abaixo do mínimo recomendado** pela norma técnica brasileira de barragens NBR 13028 (ABNT, 2017).

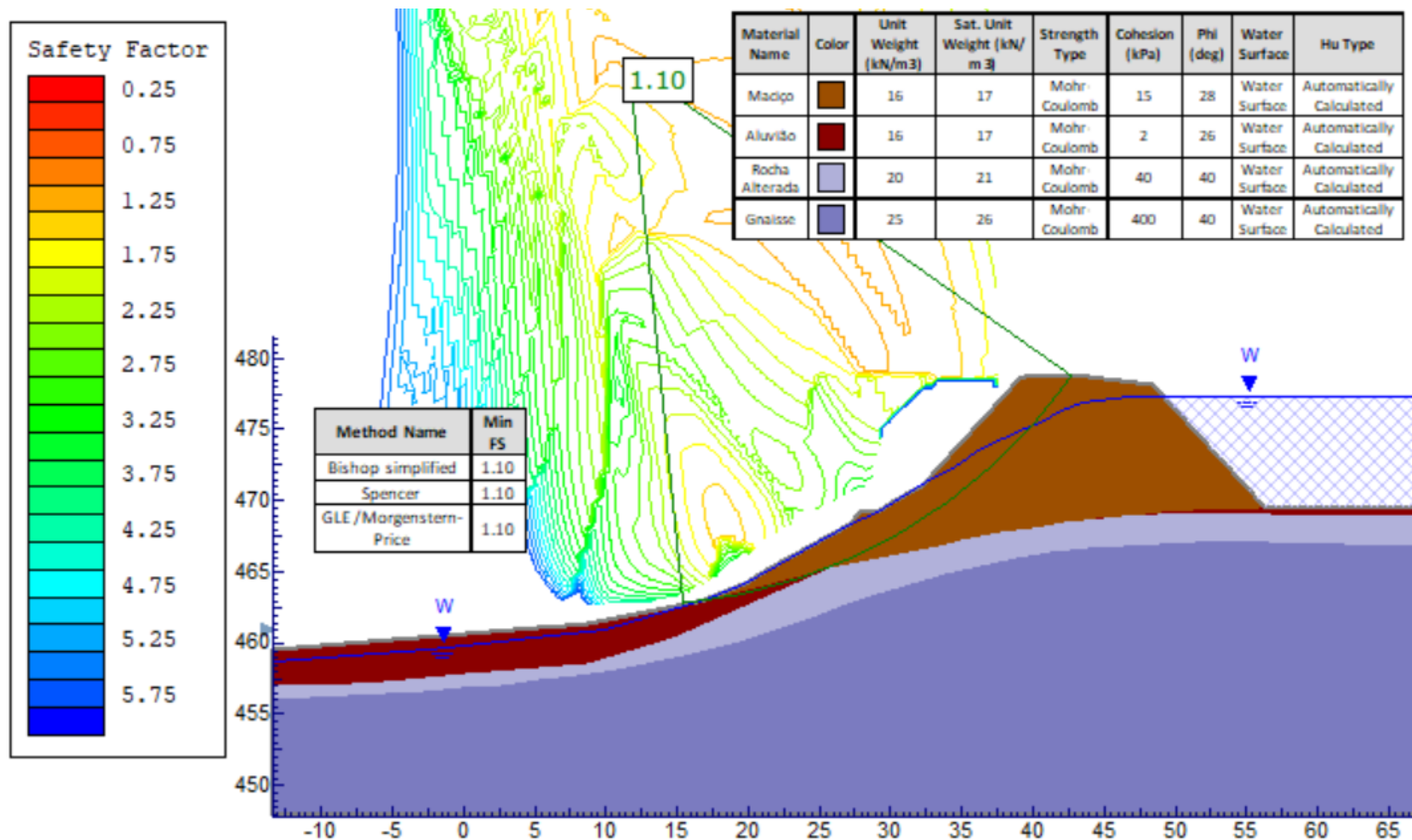


Figura 9.2 – Atual – Condição de Regime de Fluxo Normal – Fs = 1,10.

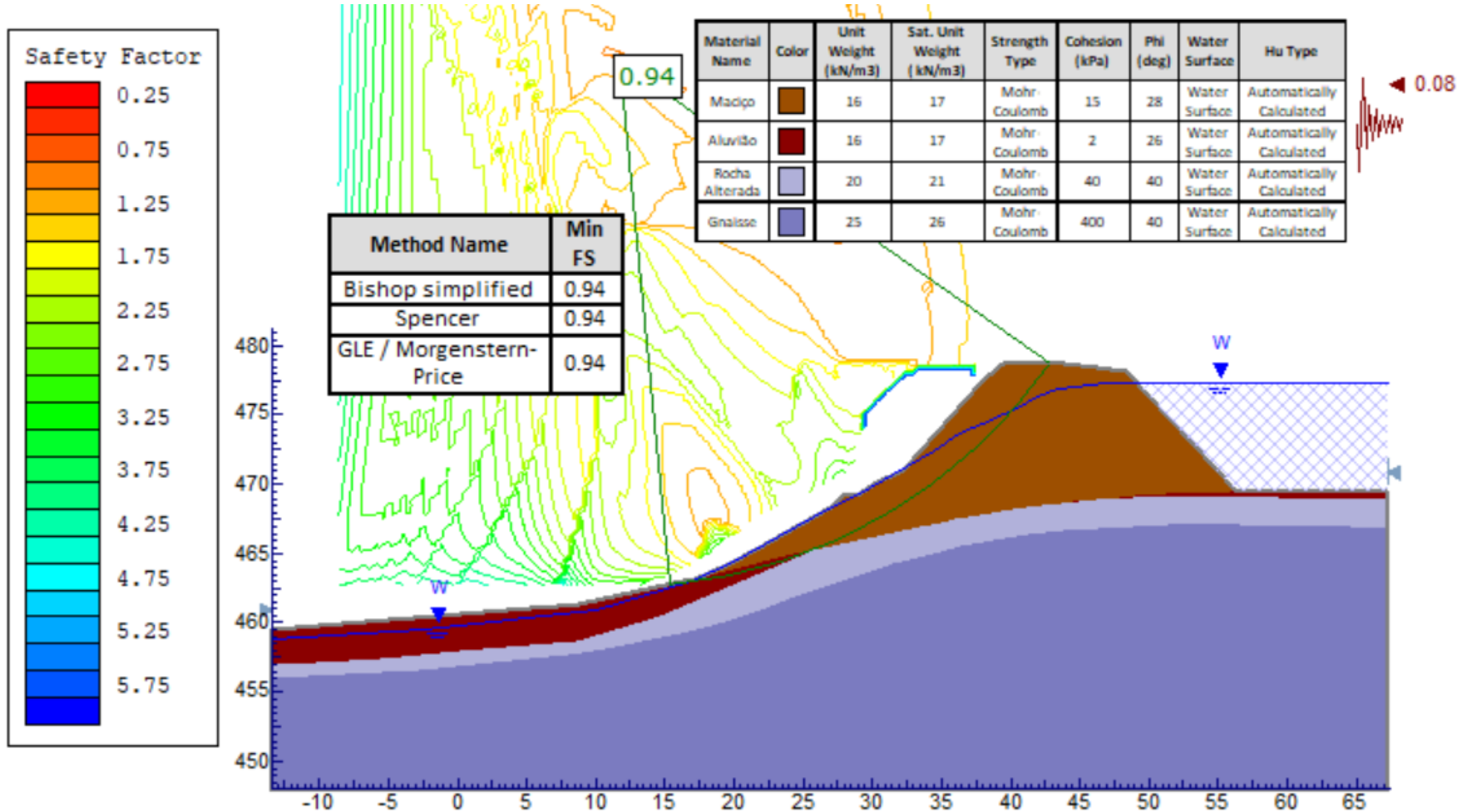


Figura 9.3 – Atual – Pseudo-Estática – Fs = 0,94.

9.1.4 RESULTADOS OBTIDOS PARA A CONDIÇÃO COM REFORÇO

O diagnóstico da condição atual mostra que a estrutura apresenta fatores de segurança abaixo dos requeridos por norma. Deste modo, em função disto, é proposta a execução de um aterro de reforço, em aterro compactado com execução de sistema de drenagem interno, com a finalidade principal de aumentar os fatores de segurança e proporcionar adequação do fluxo interno da estrutura, evitando assim, a eventual deflagração de processos de erosão interna e processos instabilizadores.

É proposta um aterro de reforço com extensão em todo talude de jusante e possuindo uma berma de equilíbrio na El. 468,80 m e 5 m de largura, os taludes do reforço possui a inclinação de 1V:2H. O sistema de drenagem interno é constituído de um trecho vertical de 0,8 m de espessura constituído por areia e um trecho horizontal (tapete drenante) com espessura de 1m constituído por duas camadas de areia com 0,25 m cada e uma camada central de 0,5 m de brita, sendo a saída do sistema de drenagem interno formado por enrocamento de proteção. Essa configuração visa o incremento do fator de segurança, além de propiciar adequação do fluxo interno da barragem.

A configuração do arranjo proposto é indicada na Figura 9.4.

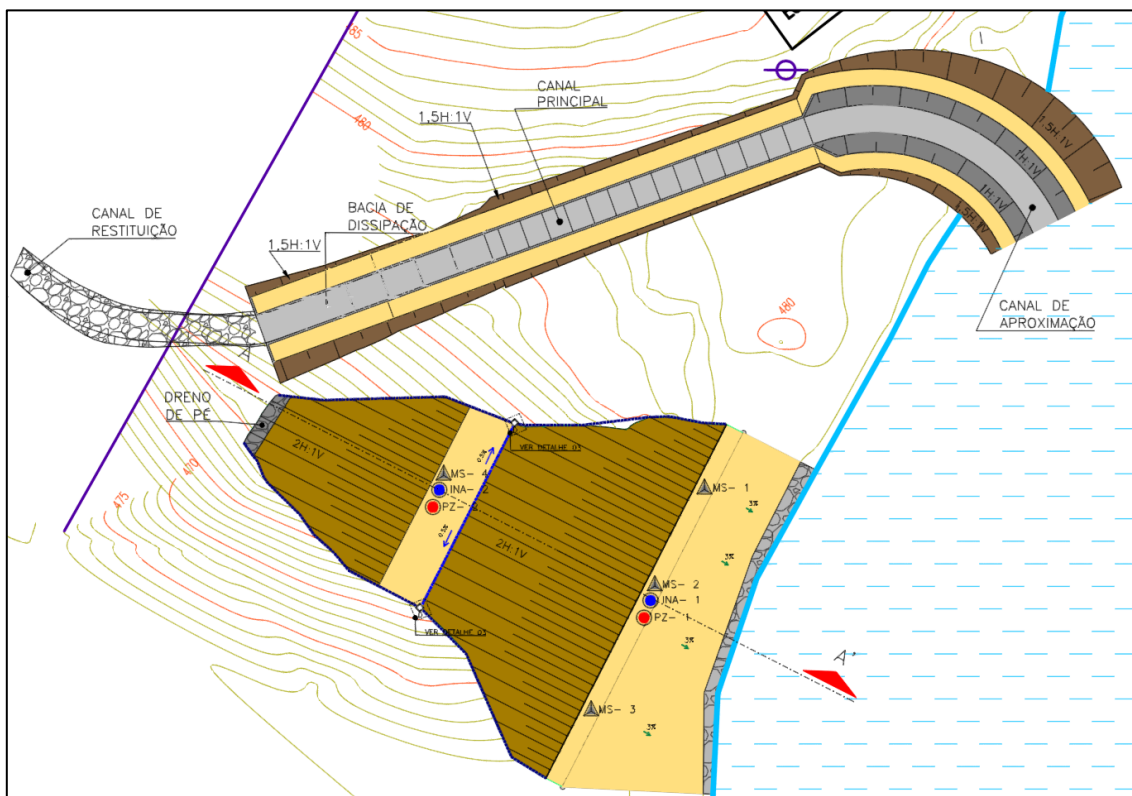


Figura 9.4– Arranjo geral do reforço proposto para a barragem Passa Cinco.

Visando validar essa solução, foram conduzidas análises de estabilidade na seção indicada na

Figura 9.1- Locação da seção de análise em planta.

, cujos resultados gráficos estão apresentados na Figura 9.5 a Figura 9.7, e um resumo dos fatores de segurança obtidos na Tabela 9.4.

Tabela 9.4 - Fatores de segurança obtidos para condição com reforço

FASE	TALUDE	FSMIN	FSOBTIDO
			MACIÇO DA BARRAGEM SEÇÃO CRÍTICA
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5	1,62
Operação com rede de fluxo em condição crítica de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,3	1,39
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Jusante	1,1	1,32

É importante ressaltar que é prevista a remoção do parcial do aluvião disposto imediatamente a jusante da estrutura atual. Tal tratativa é embasada nos seguintes aspectos:

- Material de baixa resistência, as investigações indicam que o material apresenta capacidade de suporte/resistência à penetração inadequada ($NSPT < 05$);
- O aluvião possui característica fina (não drenante), deste modo poderá gerar poropressões na região do pé da barragem;
- O aluvião é um material que tem característica de ser deformável quando solicitado, deste modo não é adequado manter na fundação que receberá o aterro de reforço.

Deste modo, as verificações de segurança aqui apresentadas para a condição de projeto consideram a remoção praticamente total dessa camada e considerou esta configuração na performance da estrutura com o aterro de reforço.

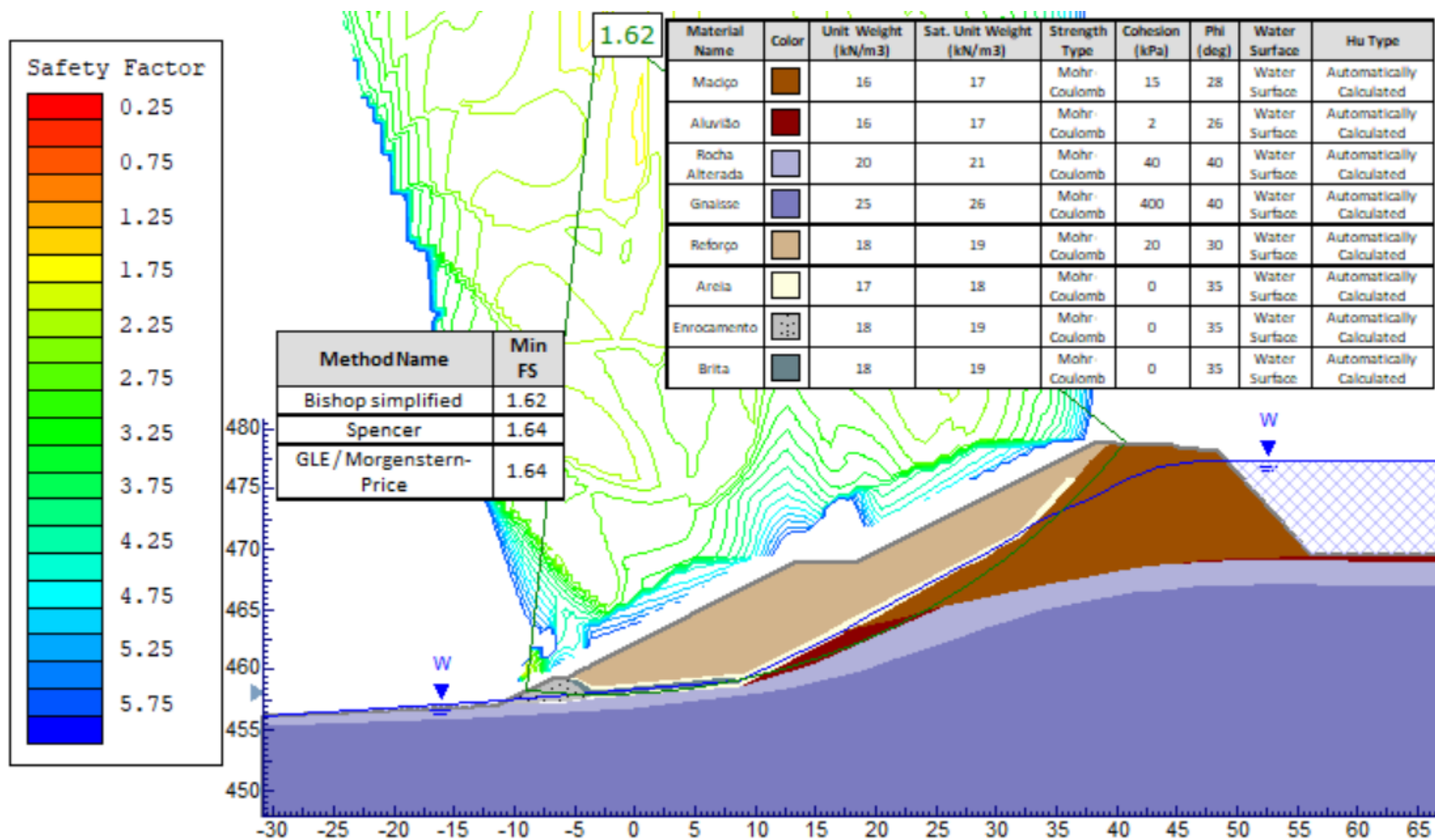


Figura 9.5 – Reforço – Condição de Regime de Fluxo Normal – $F_s = 1,62$.

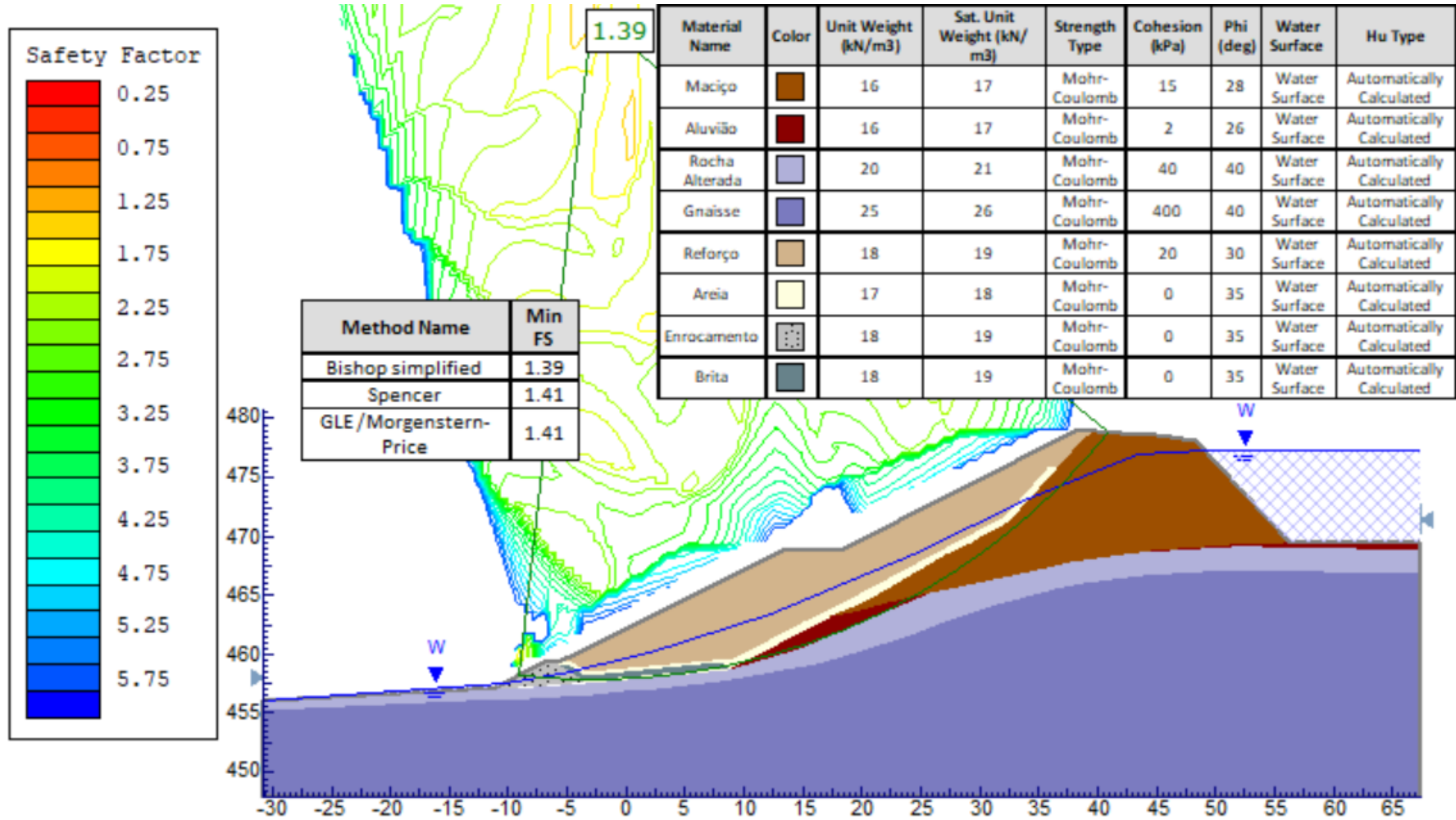


Figura 9.6 – Reforço – Condição de Regime de Fluxo Crítico – Fs = 1,39.

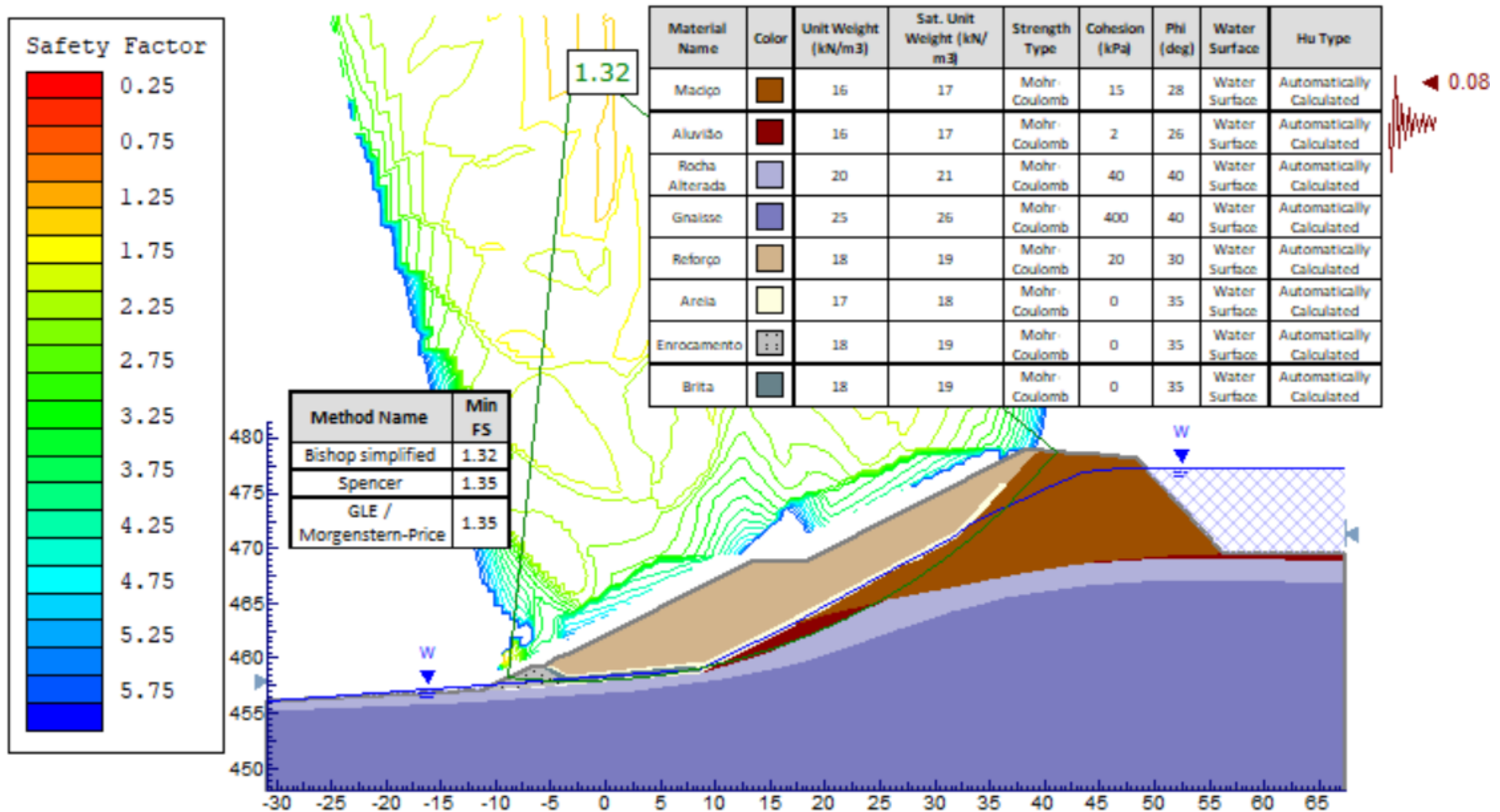


Figura 9.7 – Reforço – Pseudo-Estática – Fs = 1,32.

10 DIMENSIONAMENTO DA DRENAGEM INTERNA

Para o adequado funcionamento da drenagem interna que está sendo proposta, é importante que a mesma tenha sua performance garantida para a transição com aterro existente e o aterro de reforço. Em função da granulometria do aterro existente, foi proposto um intervalo que englobasse as curvas granulométricas deste material, e considerou que o material que será utilizado no aterro de reforço esteja também dentro desta faixa, pois caso não esteja, o sistema de drenagem interna não terá seu funcionamento adequado. Deste modo, visando condições adequadas tanto de drenagem quanto filtração. Para tanto, foram consideradas as metodologias de Terzaghi e Peck (1948) e Bertram (1940).

- Critério de retenção:

$$D_{15} (\text{Filtro}) \leq 5 \times D_{85} (\text{solo})$$

- Critério de permeabilidade:

$$D_{15} (\text{Filtro}) \geq 4 \times D_{15} (\text{solo})$$

Para o enrocamento que será utilizado na proteção do pé da barragem foi considerado o intervalo de $150 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 250 \text{ mm}$, tendo para tanto as transições apresentadas nas Figura 10.1 e Figura 10.2.

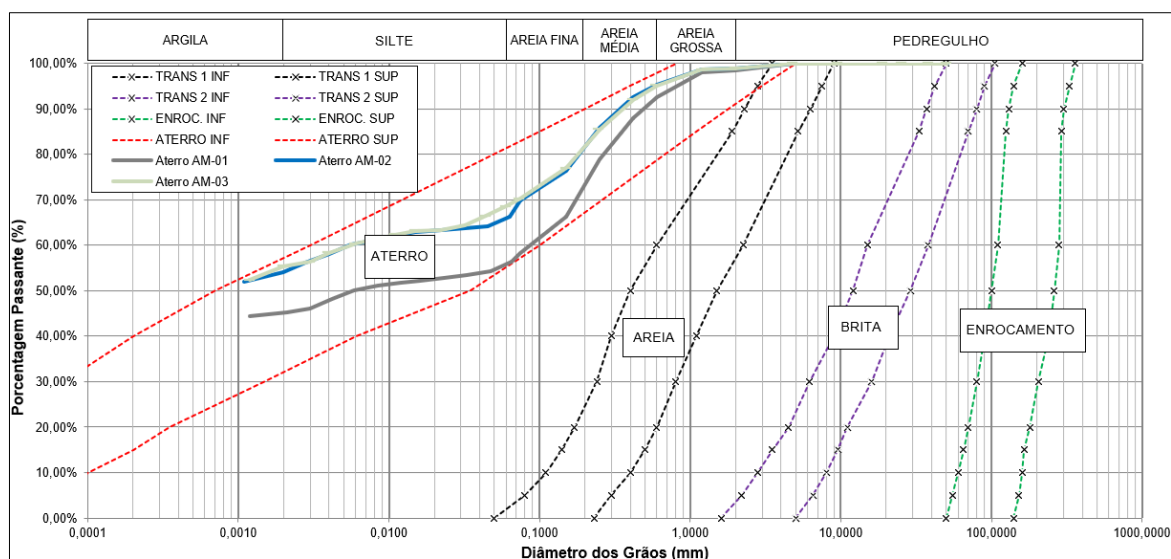


Figura 10.1 - Faixas das curvas granulométricas.

FAIXAS GRANULOMETRICAS DA ABNT									
D _N	%	ATERRO INF	ATERRO SUP	TRANS 1 INF	TRANS 1 SUP	TRANS 2 INF	TRANS 2 SUP	ENROC. INF	ENROC. SUP
	0%	0,0000	0,0001	0,0500	0,2300	1,60	5,00	50,00	140,00
D ₅	5%	0,0000	0,0001	0,0800	0,3000	2,20	6,50	55,00	152,00
D ₁₀	10%	0,0000	0,0001	0,1100	0,4000	2,80	8,00	60,00	160,00
D ₁₅	15%	0,0000	0,0002	0,1400	0,5000	3,50	9,50	65,00	165,00
D ₂₀	20%	0,0001	0,0004	0,1700	0,6000	4,50	11,00	70,00	180,00
D ₃₀	30%	0,0001	0,0015	0,2400	0,8000	6,20	16,00	80,00	205,00
D ₄₀	40%	0,0002	0,0060	0,3000	1,1000	9,00	21,00	90,00	240,00
D ₅₀	50%	0,0007	0,0350	0,4000	1,5000	12,00	29,00	100,00	260,00
D ₆₀	60%	0,0030	0,1000	0,6000	2,2500	15,00	38,00	110,00	280,00
D ₈₅	85%	0,1000	1,1000	1,9000	5,2000	33,00	70,00	125,00	290,00
D ₉₀	90%	0,2000	1,8000	2,3000	6,3000	37,00	80,00	130,00	301,00
D ₉₅	95%	0,4000	3,0000	2,8000	7,5000	42,00	90,00	140,00	330,00
D ₁₀₀	100%	0,8000	5,0000	3,5000	9,0000	50,00	105,00	160,00	360,00

Figura 10.2 - Valores das faixas granulométricas.

11 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO

Atualmente a Barragem Passa Cinco não possui nenhum instrumento. Deste modo, visando o acompanhamento da estrutura, propõe-se:

- Instalação de 01 INA e 01 PZ na crista;
- Instalação de 01 INA e 01 PZ na berma intermediária do reforço.

A locação desses instrumentos é ilustrada na Figura 11.1, em vermelho são os PZ's e em azul são os INA's propostos.

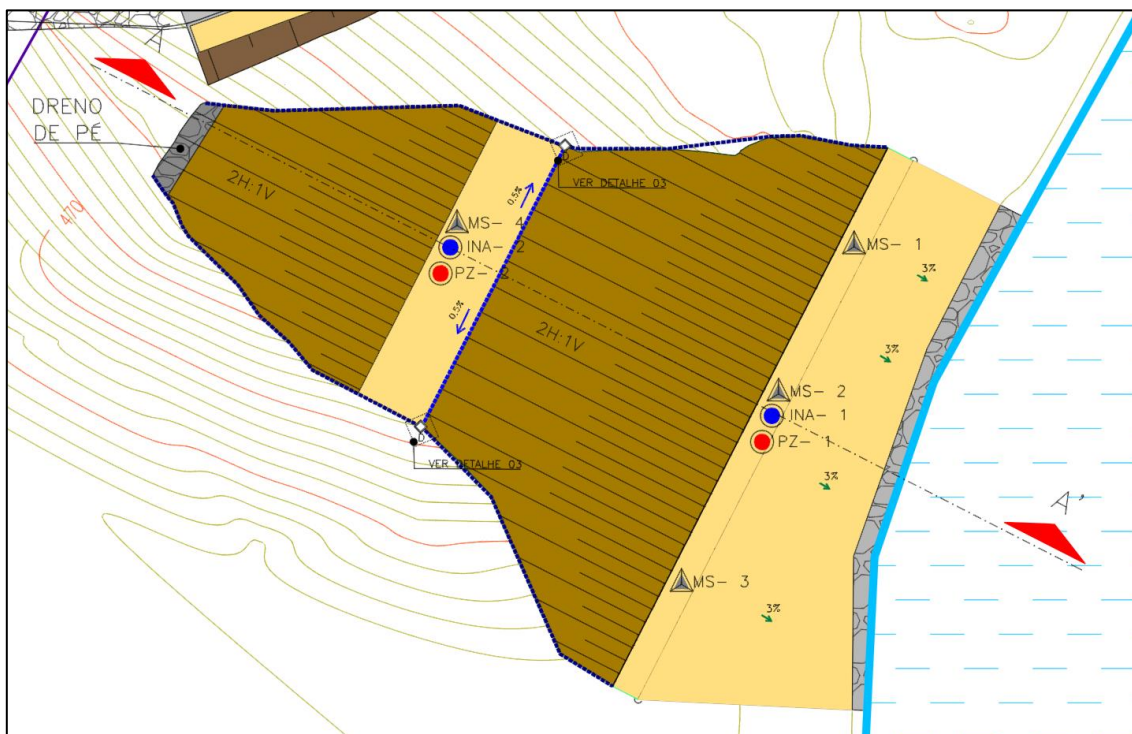


Figura 11.1 – Locação dos instrumentos propostos.

12 ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológicos e hidráulicos têm por objetivo a determinação dos parâmetros e dados para o dimensionamento do vertedouro, e conseqüentemente a garantia de segurança da barragem do ponto de vista hidráulico, para que se evite o transbordo causando assim danos a estrutura.

Os estudos hidrológicos e hidráulicos, consistiu no dimensionamento do sistema extravasor de emergência da estrutura, a fim de atender a eventos pluviométricos intensos associado ao período de retorno (TR) de 1.000 anos. A verificação dos sistemas extravasores realizou-se de forma a criar subsídios para atestar sobre a segurança das estruturas em questão, através da análise da capacidade destas perante o trânsito das cheias.

12.1 BACIA DE CONTRIBUIÇÃO

A área da bacia de contribuição, foi delimitada através da topografia da região em questão (Figura 12.1). Além disto, foi realizada a construção do mapa de elevação da bacia de contribuição, para a validação da geometria de contribuição para o estudo hidráulico da barragem.

A Figura 12.2 mostra a imagem de satélite da área da barragem a ser implantada. Na imagem fica evidente a composição da área de influência da barragem, onde a mesma é composta por área de pastagem e vegetação nativa.

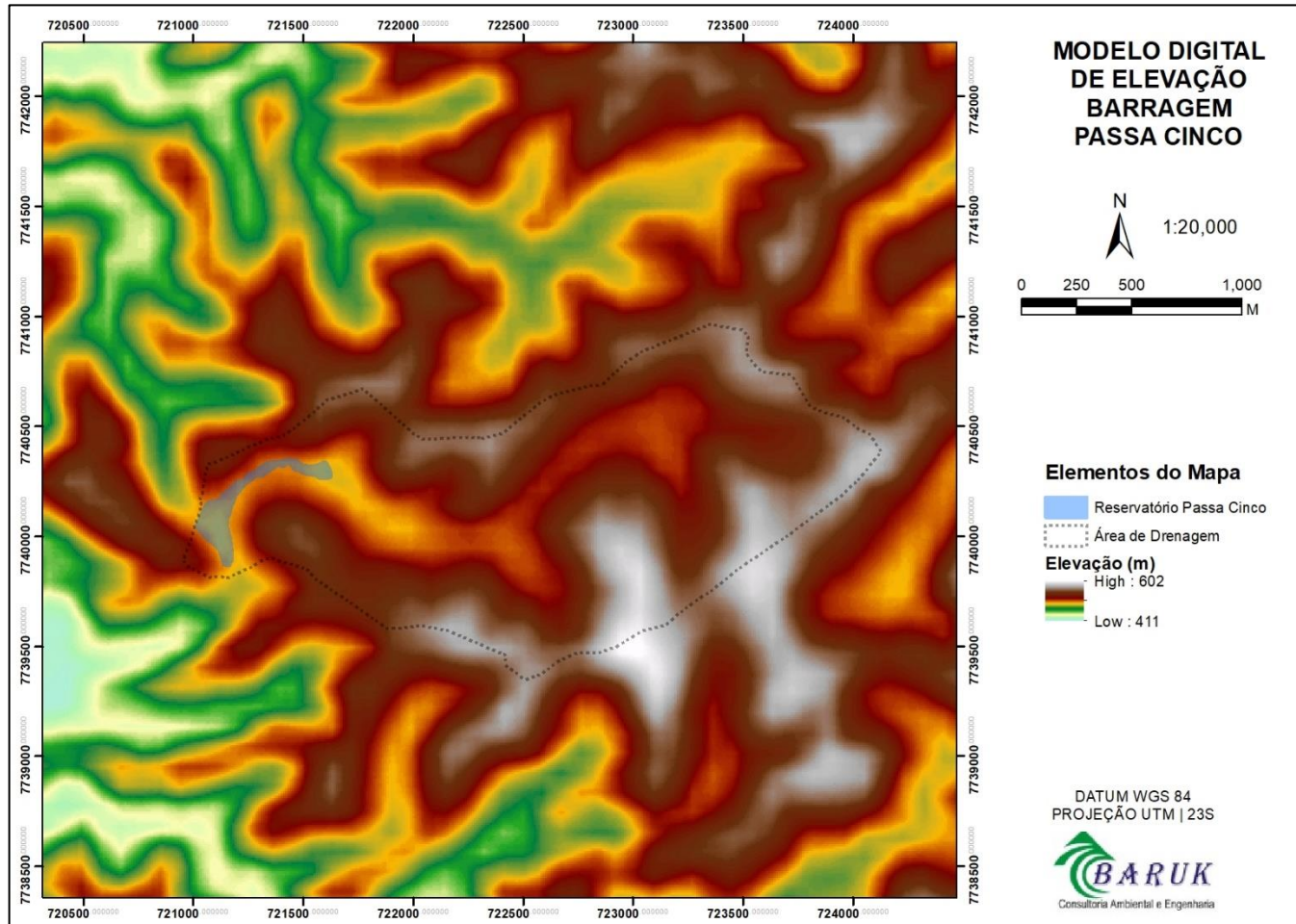


Figura 12.1 - Modelo Digital de Terreno – Barragem Passa Cinco.

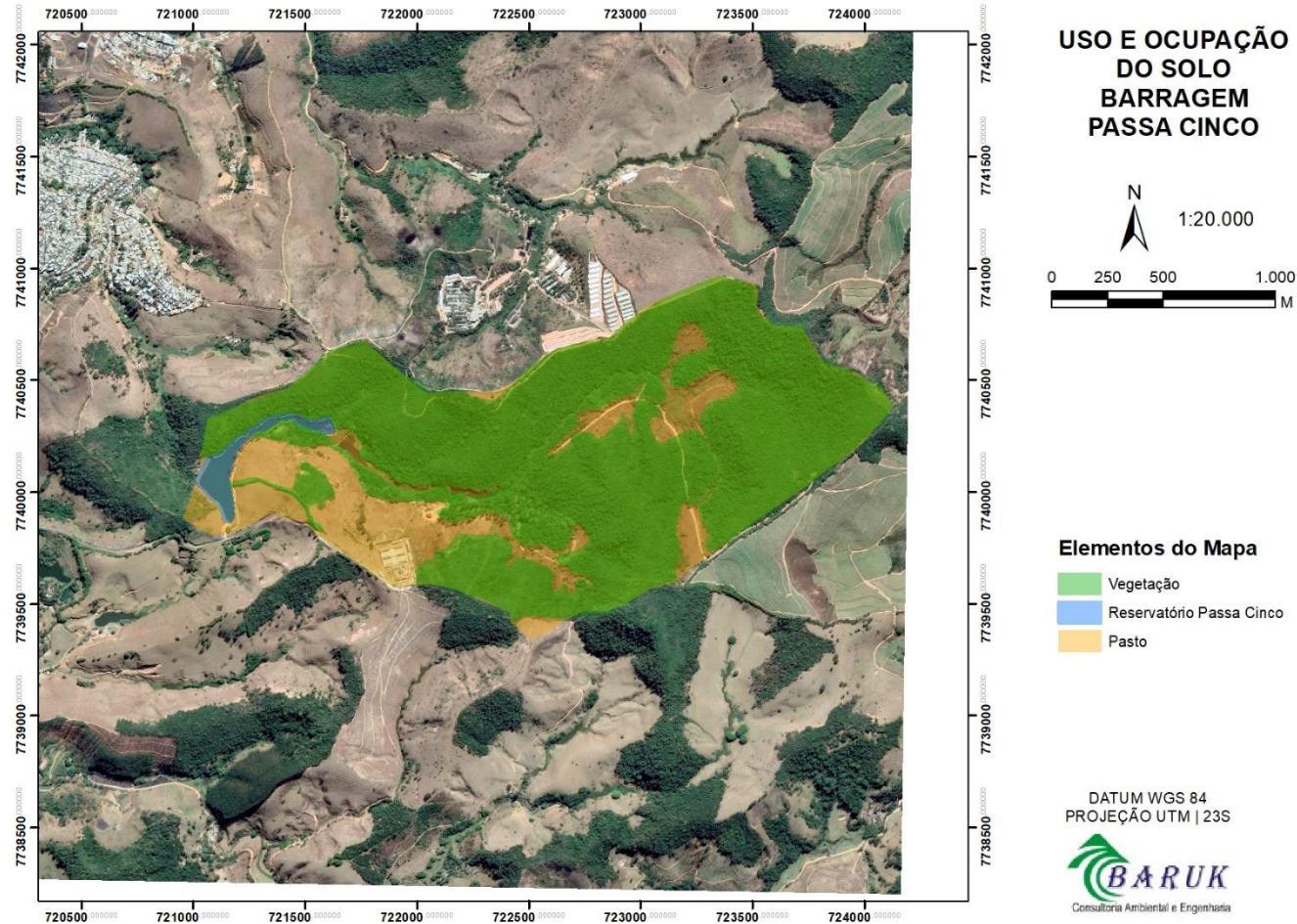


Figura 12.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia de contribuição – Barragem Passa Cinco.

12.2 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

As características geomorfológicas definidas foram utilizadas para a adequada determinação dos parâmetros do modelo SCS (Soil Conservation Service), definidos como:

- Tempo de concentração (t_c): o tempo de concentração foi definido pela Fórmula empírica de Kirpich.

$$t_c = 0,39 \cdot \left(\frac{L^2}{S_e} \right)^{0,385} \quad \text{Equação}$$

12.1

Onde:

Tc: tempo de concentração (horas)

L: comprimento axial (km);

S_e: declividade média em (%).

A Tabela 12.1 apresenta os parâmetros de definição e o tempo de concentração.

Tabela 12.1 - Tempo de concentração da bacia de contribuição - Barragem Passa Cinco

Tempo de Concentração		
Comprimento (m)	Declividade média (m/m)	t _c (min)
3.536	0,0288	41,18

- CN ponderado: denota o Número da Curva o Índice do método SCS-CN, para a geração dos hietogramas efetivos a partir da precipitação total. Depende do uso e ocupação do solo na área da bacia e foi determinado para a condição média de umidade antecedente (CN-II), considerando a capacidade de infiltração do solo tipo C, por se tratar de uma aproximação dos tipos de uso do solo presentes na bacia.

- Tabela 12.2 apresenta os parâmetros utilizados para a definição do CN.

Tabela 12.2 - Parâmetros utilizados no cálculo do CN ponderado

Uso e ocupação do solo	Condição de umidade antecedente do solo	Tipo de Solo	CN	Barragem Passa Cinco	
				Área (km ²)	Área (%)
Florestas Densas	II	C	73	2,067	74,88%
Pasto sem cura de nível	II	C	74	0,643	23,29%
Região de lago	II	C	100	0,050	1,83%
CN ponderado	II	C	73,73	2,760	100

• Lagtime: refere-se ao tempo de retardo, estimado em (3/5) do valor de t_c por recomendação da metodologia SCS-CN para a transformação chuva-vazão. Conceitualmente, este parâmetro representa o intervalo de tempo existente entre o centro de massa de um hietograma e a vazão de pico do hidrograma correspondente. Os dados utilizados nesse estudo referentes ao lag-time são apresentados na Tabela 12.3.

Tabela 12.3 - Estimativa de lag-time - Barragem Passa Cinco

<i>Lag-time</i>		
L (m)	t_c (min)	lag-time (min)
3.536	41,18	24,71

• Abstrações Iniciais (I_a): o valor é obtido através de uma relação com o valor de CN e representa aproximadamente 20% da capacidade máxima de infiltração da água no solo. Corresponde, portanto, à precipitação antecedente ao escoamento superficial, sendo descrita pela Equação 7.2 (TUCCI, 2015, página 417).

$$I_a = 0,2 \cdot \left(\frac{25.400}{CN} - 254 \right) \quad \text{Equação 12.2}$$

I_a = abstrações iniciais (mm);

CN = denota o número da curva.

Tabela 12.4 - Estimativa de abstrações iniciais

Abstrações iniciais		
Área (km ²)	CN	I_a (mm)
2,76	74	17,85

12.3 ESTUDOS DE CHEIAS

A cheia crítica pode ser definida como o hidrograma de cheia calculado com a finalidade específica de dimensionamento das obras hidráulicas, estando este associado à capacidade limite das estruturas de condução ou à altura atingida pelos perfis de escoamento.

Existem duas formas de cálculo da cheia crítica, sendo:

Métodos Diretos: utilizam-se dados de vazões registradas em uma estação fluviométrica instalada no local de interesse;

Métodos Indiretos: baseados no cálculo de hidrogramas a partir de dados de precipitação sobre a área da bacia hidrográfica de referência.

Neste trabalho, buscou-se alguns dados de monitoramento pluviométrico de estações próximas ao local de implantação da barragem, a cheia crítica foi calculada através do método direto. A metodologia aplicada é apresentada nos tópicos a seguir.

12.3.1 PLUVIOMETRIA

Em consulta ao banco de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, é possível perceber que existem algumas estações pluviométricas que podem ser utilizadas para estabelecer o regime de chuvas da região do empreendimento. Neste estudo, optou-se pelo uso dos dados das estações pluviométricas Estação Usina Brecha (02043025), localizada no município de Ponte Nova, no Estado de Minas Gerais.

12.3.1.1 Definição dos quantis diários e sub-diários

Após verificação de consistência dos dados históricos da estação pluviométrica em análise, realizou-se a análise de frequência das alturas de precipitações diárias máximas anuais.

A distribuição de probabilidade de Gumbel resultou nos melhores valores de significância quando submetidos aos testes de hipóteses como o Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado, que avaliam a aderência de uma dada distribuição à amostra em questão, sendo, portanto, a mais adequada para representar o conjunto de dados da referida estação pluviométrica.

A transformação da chuva diária em chuva de 24 horas e sua desagregação em alturas de chuvas de menor duração foi realizada utilizando-se a metodologia proposta por Silveira (2000) e Pinheiro (2011). A Tabela 12.5 apresenta os quantis pontuais de chuva obtidos e seus respectivos tempos de retorno.

Tabela 12.5 - Quantis de altura de chuva – Estação Usina Brecha (02043025)

Duração	Tempo de Retardo (TR – anos)								
	2	5	10	25	50	100	500	1.000	10.000
5 min	14.7	18.5	20.9	24.0	26.3	28.6	33.9	36.2	43.7
10 min	26.5	33.2	37.6	43.2	47.4	51.5	61.0	65.1	78.7
15 min	36.1	45.2	51.2	58.8	64.5	70.1	83.1	88.6	107.1
20 min	44.0	55.1	62.5	71.8	78.6	85.5	101.3	108.1	130.6
30 min	56.2	70.4	79.8	91.7	100.5	109.2	129.4	138.1	166.9
1 h	77.0	96.4	109.3	125.6	137.6	149.6	177.2	189.1	228.6
2 h	92.3	115.6	131.0	150.5	165.0	179.3	212.4	226.7	274.0
4 h	99.1	124.1	140.7	161.6	177.1	192.5	228.1	243.4	294.2
6 h	99.6	124.7	141.3	162.3	177.9	193.4	229.1	244.5	295.5
8 h	98.7	123.6	140.0	160.9	176.3	191.6	227.1	242.3	292.9
10 h	97.5	122.0	138.3	158.9	174.2	189.3	224.3	239.3	289.3
12 h	96.2	120.5	136.5	156.9	171.9	186.9	221.4	236.3	285.6
14 h	95.0	119.0	134.8	154.9	169.8	184.5	218.6	233.3	282.0
18 h	92.8	116.2	131.7	151.3	165.8	180.2	213.6	227.9	275.5
24 h	90.0	112.7	127.8	146.8	160.9	174.9	207.2	221.1	267.2

12.3.1 DEFINIÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO

Tendo em vista as características da estrutura, o sistema extravasor da barragem deverá ser capaz de suportar eventos pluviométricos associados aos tempos de retorno

(TR) de 1.000 durante sua operação e verificado para precipitação máxima provável (PMP).

12.4 MODELO HIDROLÓGICO

A determinação do hidrograma da cheia de projeto foi realizada com o auxílio de um modelo matemático que simula a transformação da precipitação em vazão, com base nas características físicas das bacias hidrográficas de contribuição. O modelo matemático utilizado foi o HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*), desenvolvido pelo *Hydrologic Engineering Center do U.S. Army Corps of Engineers*, versão 4.2.

12.5 ÁREA DRENADA

Entende-se como Área de Contribuição a superfície do terreno que contribui com o escoamento de água em determinado ponto. Na Hidrologia a Área de Contribuição, também conhecida como Bacia de Contribuição ou simplesmente Bacia, é determinada em função da topografia, separando-se as diversas bacias por meio de uma linha imaginária, Divisor das Águas, traçada ao longo das partes mais altas (TUCCI *et. al*, 1989).

As áreas de drenagem, para efeito de aplicação do Método Racional, foram obtidas, a partir de imagens de satélite onde possui as dimensões da bacia de contribuição.

12.6 COEFICIENTE DE DEFLÚVIO

O coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de deflúvio superficial, ou ainda coeficiente de Runoff, é definido pela razão do volume de água escoado superficialmente por ocasião de uma chuva, pelo volume total da água precipitada, portando varia de acordo com uso e ocupação do solo.

12.7 INTENSIDADE MÉDIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

A intensidade a ser considerada para a aplicação do Método Racional é a máxima média observada para a aplicação do tempo que corresponde à situação crítica, ou seja, a duração de chuva a considerar será igual ao tempo de concentração da bacia.

Por outro lado, a intensidade de precipitação de uma chuva qualquer é a relação entre a quantidade de chuva precipitada e o tempo de duração dessa chuva.

No projeto em questão, foi levada em consideração essa fórmula que fornece os valores das intensidades, relativos a determinados tempos de recorrência, tendo-se em mãos as quantidades de chuvas precipitadas num certo período de tempo.

12.8 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

É o tempo necessário para que todas as partes da bacia passem a contribuir para a seção de drenagem medida a partir do início da chuva. Em outras palavras, é o tempo que leva uma partícula para escoar desde o ponto mais distante de uma bacia até a seção considerada (DIAS *et. al*, 2010).

12.9 TEMPO DE RECORRÊNCIA

O tempo de recorrência é definido como o tempo necessário para que um determinado evento aconteça novamente, ou seja, está associado ao inverso da probabilidade de um determinado evento ser igualado ou superado (DIAS *et. al*, 2010).

12.10 DIMENSÃO DA ESTRUTURA EXTRAVASORA

O escoamento em canais naturais se estabelece em função de uma infinidade de fatores, e a reprodução exata do que acontece na natureza é tecnicamente impossível. No entanto, a solução para estes tipos de problemas é possível admitindo-se hipóteses simplificadoras que não comprometem significativamente o resultado final, o qual deve ser analisado sempre com cuidado e sobre a ótica do bom senso (GARCIA 2014).

Utilizando a metodologia e os conceitos apresentados, chegou-se à definição de que para o tempo de retorno de 1.000 anos e uma chuva de 244,45 mm/h, haverá uma vazão de 68,21 m³/s.

12.11 MEDIDOR DE VAZÃO

Entre as melhorias previstas para as condições de segurança da barragem, há a previsão de um sistema de medidor de drenagem interna. Os volumes ali percolados devem ser monitorados e a instrumentação recomendada é de medidor de vazão por profundidade e vertimento em extravasor triangular de ângulo reto (medidor em V). A Figura 12.3 ilustra os seus principais componentes.

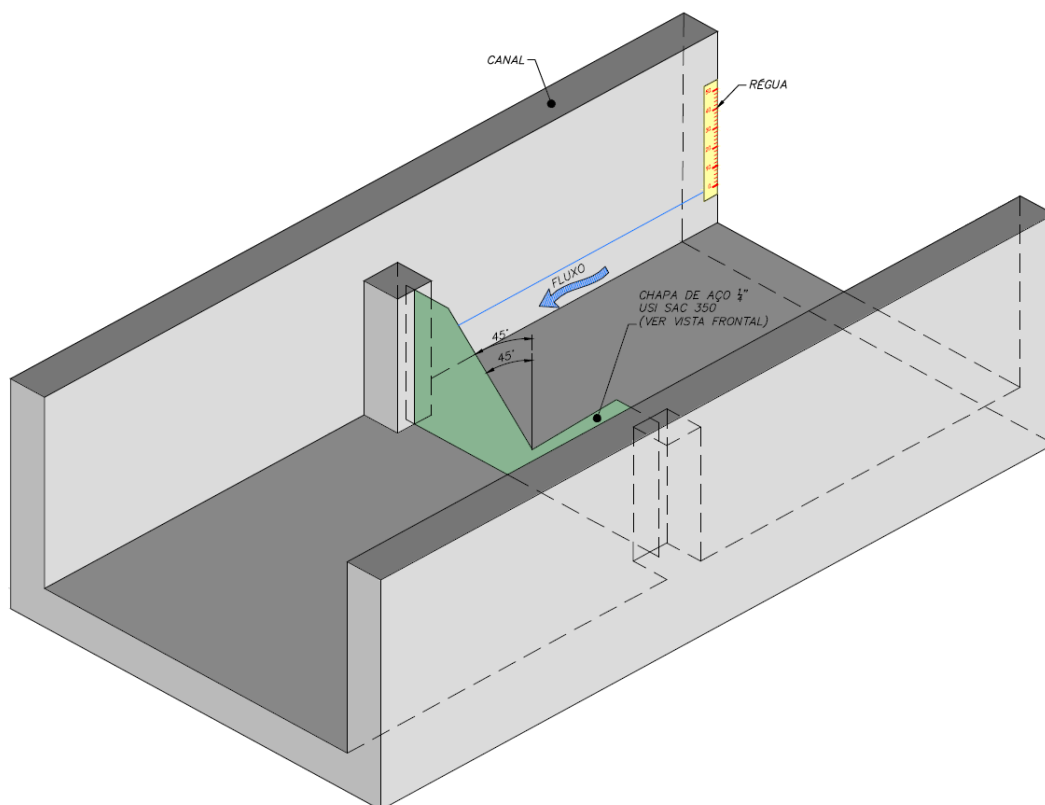


Figura 12.3 – Esquema 3D do medidor de vazão, sem escala.

Como atualmente a barragem não conta com nenhum dispositivo para medida de vazão, foi necessário realizar uma estimativa da vazão na saída do tapete drenante a partir

da análise de percolação. Desta forma, é esperado que as dimensões do medidor sejam modificadas futuramente para beneficiar a qualidade das leituras.

O canal de aproximação deve conter dimensões mínimas que tolerem estas alterações sem prejudicar a leitura e as dimensões mínimas da geometria, conforme recomenda Porto (2006) e cuja seção de controle da do canal está ilustrada pela Figura 12.4.

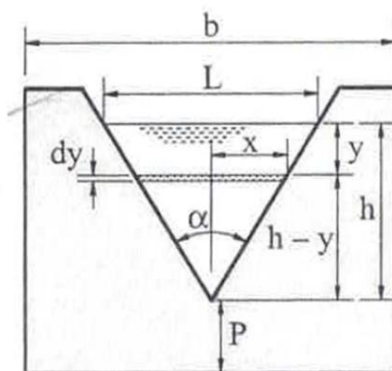


Figura 12.4 – Esquema de corte do controle do medidor de vazão.

Em que:

- P deve ser maior do que 3h;
- b deve ser maior do que 6h;
- Afastamento da régua deve ser maior do que 10h.

O formato com $\alpha = 90^\circ$, segundo Azevedo Netto (2015), permite maior precisão na medida de cargas correspondentes a vazões reduzidas e, por isso, são mais empregados na prática. Para vertedores deste tipo, aplica-se a fórmula de Thompson, representada pela equação:

$$Q = 1,4 \cdot H^{5/2} \quad \text{Equação 12.3}$$

Onde:

- Q denota vazão (m³/s);
- H denota carga (m)

A curva resultante da aplicação desta equação e que deve ser utilizada como parâmetro de conversão da leitura realizada nas unidades aqui propostas é apresentada na Tabela 12.6.

Tabela 12.6 – Curva de descarga a ser aplicada para monitoramento da vazão.

Curva de descarga para vertedores triangulares – Fórmula de Thompson			
Altura (H) (m)	Vazão (Q) – (l/s)	Altura (H) (m)	Vazão (Q) – (l/s)
0,03	0,22	0,17	16,7
0,04	0,42	0,18	19,2
0,05	0,80	0,19	22,0
0,06	1,24	0,20	25,0
0,07	1,81	0,21	28,3
0,08	2,52	0,22	31,8
0,09	3,39	0,23	35,5
0,10	4,44	0,24	39,5
0,11	5,62	0,25	43,7
0,12	6,98	0,30	69,0
0,13	8,54	0,35	101,5
0,14	10,25	0,40	141,7
0,15	12,19	0,45	190,1
0,16	14,33	0,50	247,5

Os volumes percolados por meio porosos são definidos pela lei de Darcy e dependem forçosamente das características do meio. Como a percolação ocorre pelo maciço ou terreno natural, com material de baixa granulometria e alta resistência ao escoamento, esperam-se vazões perenes, mas de pequena ordem de grandeza. Devido a isto, adotou-se a altura do medidor de vazão de 0,10 m, tendo a capacidade de medir vazões até 4,44 l/s (15,98m³/h).

Considerando um cenário de aumento da vazão e inadequação do medidor em V, foi previsto um canal de condução ampliado, de modo que sejam comportados instrumentos de $h \leq 0,20\text{m}$.

A unidade de monitoramento proposta neste estudo é constituída por um canal de aproximação em concreto de comprimento mínimo de 2,0 m, com declividade longitudinal do fundo nula, e dimensões apresentadas na Tabela 12.7.

Tabela 12.7 – Dimensionamento hidráulico do medidor de vazão.

Estrutura	Canal de aproximação		Controle do medidor de vazão – $\alpha = 90^\circ$				Q_{proj} (m^3/s)
	Base (m)	Altura (m)	h (m)	P (m)	b (m)	Afastamento Régua (m)	
MVC-TI	1,20	1,0	0,10	0,30	1,20	1,00	0,004

13 CONCLUSÃO

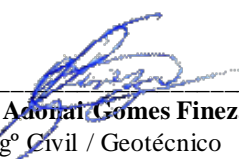
Tendo em vista a condição atual da barragem, em que os fatores de segurança obtidos são menores em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017. Deste modo, foi proposto a implantação de um aterro de reforço em solo compactado para proporcionar a estrutura o aumento de fatores de segurança, visando o atendimento a norma NBR 13.028/2017.

Visando a implantação de medidas corretivas que permitam boa performance da Barragem Passa Cinco, propõe-se a implantação de um aterro de reforço em solo compactado e um sistema de drenagem interno, com o objetivo de incrementar o fator de segurança e de proporcionar o adequado fluxo interno pelo sistema de drenagem.

Além das intervenções propostas na região do maciço e ombreiras, esta também apresentada neste documento os estudos de adequação do sistema extravasor.

Vale mencionar que a Baruk mantém as recomendações sobre o estado atual da barragem. Deste modo, são recomendadas as seguintes medidas corretivas, a serem implantadas de forma programada:




- a) Rebaixamento do nível do reservatório da barragem Passa Cinco;
- b) Avanço para as próximas etapas do projeto de reforço e sistema extravasor da barragem Passa Cinco;
- c) Implantação dos Projetos supracitados;
- d) Implantação de um sistema de inspeções no barramento e suas estruturas auxiliares para acompanhamento do estado da barragem;
- e) Implantação de programa de manutenção, incluindo combate a pragas e roçada.



D.Sc. Adonai Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

 <p>Adobe Acrobat Document</p>	<p>ANEXO A – RELATORIO DE SPT - SPR 21-026 - BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA LTDA</p> <p>Formato: ["pdf"] 8 páginas</p>
 <p>Adobe Acrobat Document</p>	<p>ANEXO B – RELATORIO_AMOSTRAS_DA_BARRAGEM_DO_PASSA _CINCO_PONTE_NOVA_MG</p> <p>Formato: ["pdf"] 15 páginas</p>
 <p>Package</p>	<p>ANEXO C – BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO</p> <p>Formato: ["dwg"]</p>

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
VOLUME I – INFORMAÇÕES GERAIS
BARRAGEM PASSA CINCO
PONTE NOVA – MG

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	1
2	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	2
3	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	2
4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO...3	
5	INDICAÇÃO DA ÁREA AO ENTORNO.....	4
6	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL.....	5
7	DECLARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO A CATEGORIA E DANO POTENCIAL ASSOCIADO.....	6
	7.1 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM.....	6
	<i>7.1.1 Categoria de risco</i>	<i>7</i>
	<i>7.1.2 Dano potencial associado</i>	<i>11</i>
8	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES.....	13
	ANEXOS.....	15

1 APRESENTAÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar o PSB (Plano de Segurança de Barragem) da “**Barragem Passa Cinco**” que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte do PSB da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta o Volume I do Plano de Segurança de Barragem (PSB). A Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº2257, de 31 de dezembro de 2014, estabelece os procedimentos para o cadastro de barragens e considera que o conteúdo e o nível de detalhamento do PSB são estabelecidos pela Resolução nº 91 da ANA, de 2 de abril de 2012.

A estrutura em avaliação é a Barragem Passa Cinco, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, localizada no município de Ponte Nova-MG.

São apresentadas nesse volume as seguintes informações:

- Item 2 – Identificação do empreendedor.
- Item 3 – Caracterização do empreendimento.
- Item 4 – Características técnicas do projeto e da construção.
- Item 5 – Indicação da área do entorno das instalações e acessos a serem resguardados.
- Item 6 – Estrutura organizacional, incluindo o contato dos responsáveis e qualificação profissional.
- Item 7 – Entidade responsável pela regra operacional do reservatório, caso exista.
- Item 8 – Declaração da classificação da barragem quanto à categoria de risco e dano potencial.
- Item 9 – Informações Complementares.

2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

I. IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR:	
Empreendedor nome: Prefeitura Municipal de Ponte Nova	
Empreendedor CPF/CNPJ: 23.804.149/0001-29	
Figura Jurídica:	
<input type="checkbox"/>	Pessoa Física
<input type="checkbox"/>	Empresa Privada
<input checked="" type="checkbox"/>	Empresa Pública
<input type="checkbox"/>	Sociedade de economia
<input type="checkbox"/>	Autarquia
<input type="checkbox"/>	Administração direta
<input type="checkbox"/>	Outros: _____
Endereço: Avenida Caetano Marinho, 306 – Bairro Centro, Ponte Nova/MG	
Telefone: (31) 3891-5454	E-mail: semam@pontenova.mg.gov.br
Quantidade total de barragens de propriedade do empreendedor (independente do tipo, porte e domínio do corpo d'água barrado): 1	

3 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDEDOR

II. RESPONSÁVEL LEGAL	
Nome: Bruno Oliveira do Carmo	
Cargo: Secretário Municipal do Meio Ambiente de Ponte Nova - MG	
Telefone: (31) 3891-5454	E-mail: licenciamento.ambiental@pontenova.mg.gov.br

III. IDENTIFICAÇÃO DA BARRAGEM

Nome do barramento ou aproveitamento objeto do Relatório: Barragem de Água	
Latitude: 20° 25' 29,63" S	Município: Ponte Nova
Longitude: 42° 52' 54,90" O	UF: MG
Datum: Sirgas 2000	
Curso d'água barrado: Córrego Passa Cinco	
Ano de conclusão da obra: Década de 90	
Construtor: Sem informação	
Projetista: Sem informação	

4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO

V. USOS DA BARRAGEM

<input checked="" type="checkbox"/> Regularização de vazões	<input type="checkbox"/> Navegação	
<input type="checkbox"/> Combate às secas	<input type="checkbox"/> Contenção de Rejeitos	
<input type="checkbox"/> Defesa contra inundações	<input checked="" type="checkbox"/> Recreação	
<input type="checkbox"/> Hidrelétrica	<input type="checkbox"/> Abastecimento de água	
<input type="checkbox"/> Irrigação	<input type="checkbox"/> Piscicultura	
<input type="checkbox"/> Proteção do meio ambiente	<input type="checkbox"/> Outros: _____	
Tem geração de energia?	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Potência instalada (MW):	_____ (MW)	

VI. DADOS TÉCNICOS DA BARRAGEM

Altura do maciço principal (m): 9,0	Largura do coroamento (m): 9,0
Extensão do coroamento da crista do maciço: 70,0m	Cota do coroamento do maciço em concreto: 479,0m
Capacidade do reservatório (m³): 156.930 m³	
TIPO DA BARRAGEM PRINCIPAL:	
<input type="checkbox"/> Concreto	<input checked="" type="checkbox"/> Terra
<input type="checkbox"/> Barragem de Concreto Ciclóptico	<input checked="" type="checkbox"/> Aterro Barragem
<input type="checkbox"/> Barragem de Concreto Compactado a Rolo	<input type="checkbox"/> Barragem de Enrocamento
<input type="checkbox"/> Barragem Vertedoura	<input type="checkbox"/> Barragem de Terra/Enrocamento
<input type="checkbox"/> Barragem de Gravidade Vertedoura	<input type="checkbox"/> Barragem de Terra Homogênea
<input type="checkbox"/> Barragem Submersível	<input type="checkbox"/> Barragem de Terra Zoneada
<input type="checkbox"/> Alvenaria	<input type="checkbox"/> Outro: _____

CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO:		
<input type="checkbox"/> Rocha Sã	<input type="checkbox"/> Solo Argiloso	
<input checked="" type="checkbox"/> Rocha Alterada	<input type="checkbox"/> Solo Argiloso Tratado	
<input checked="" type="checkbox"/> Solo Residual	<input type="checkbox"/> Solo Permeável	
<input type="checkbox"/> Outro:	<input checked="" type="checkbox"/> Aluvião	
ESTRUTURA EXTRAVASORA PRINCIPAL:		
Vertedouro (sangradouro) – Tipo: Soleira Livre		
Vertedouro (sangradouro) com controle:	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Largura total do vertedouro (sangradouro) - (m): geometria irregular		
Vazão de projeto do vertedouro (sangradouro) – Sem informação		
Tempo de retorno da vazão de projeto do vertedouro (sangradouro) - (anos): Sem informação		
Cota do nível d'água máximo maximorum – Sem informação	Cota da soleira do vertedouro (sangradouro) – (m): 478,0 m	
Tem vertedouro (sangradouro) auxiliar	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Há descarregador de fundo	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
TOMADA D'ÁGUA		
Tomada d'água - Inexistente		
Tomada d'água – diâmetro (m): -		
Tomada d'água com acionamento automático das comportas	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Tomada d'água com possibilidade de acionamento manual das comportas	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
SISTEMA DE DRENAGEM:		
<input type="checkbox"/> Filtração moderna		
<input type="checkbox"/> Drenos horizontais e verticais		
<input type="checkbox"/> Aterro homogêneo resistente ao piping		
<input type="checkbox"/> Poços de alívio		
<input type="checkbox"/> Drenos de pé		
<input checked="" type="checkbox"/> Sem controle de drenagem interna		
<input type="checkbox"/> outro, descrever:		
<input checked="" type="checkbox"/> Meio fio e drenagem de superfície		

5 INDICAÇÃO DA ÁREA AO ENTORNO

IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA AO ENTORNO

Distância à jusante de unidades habitacionais e equipamentos urbanos e comunitários (Km):

0,5 km – Fazenda
Tipo de edificações, equipamentos, equipamentos urbanos e estruturas em até 25 km à jusante da barragem:
(x) Habitações (x) áreas agrícolas (x) Escolas (x) edifícios públicos (x) Indústrias
() rodovias estaduais () Outro barramento (x) rodovias federais (x) Hospitais
(x) Ponte

6 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

VII. GESTÃO DA SEGURANÇA DA BARRAGEM			
Tem equipe Técnica de Segurança de Barragens constituída:	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Responsável Técnico – Nome/CREA N°: Bruno Oliveira do Carmo/CREA 201891/D Marina Rosa Godoi/CREA 227049/D			
Qualificação profissional da Equipe Técnica de Segurança de Barragens (Escolaridade/Formação de cada integrante):			
Nome do Integrante:	Escolaridade/Formação:		
Bruno Oliveira do Carmo	Engenheiro Civil e Ambiental		
Carla Geralda Gonçalves Silveira	Engenheira Agrônoma		
Gusnaldo Galvão Martins de Deus	Engenheiro Ambiental		
Marcos Tadeu Rocha Leandro	Engenheiro Ambiental		
Marina de Oliveira Coelho	Engenheira Agrimensora e Cartografa		
Marina Rosa Godoi	Engenheira Civil		
Thiago Carvalho da Fonseca	Gestor Ambiental		
INSTRUMENTAÇÃO:		<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
<input type="checkbox"/> Piezômetros	<input type="checkbox"/> Medidor de Junta		
<input type="checkbox"/> Inclínômetros	<input type="checkbox"/> Extensômetro de Fundação		
<input type="checkbox"/> Medidor de Vazão	<input checked="" type="checkbox"/> outros, descrever: não possui		
FREQUÊNCIA DE LEITURA DA INSTRUMENTAÇÃO:			
<input type="checkbox"/> Diária	<input type="checkbox"/> Mensal		
<input type="checkbox"/> Semanal	<input type="checkbox"/> Automática com transmissão		
<input checked="" type="checkbox"/> Outros: não possui	<input type="checkbox"/> Sem leitura		
MANUTENÇÃO			
Material para manutenção disponível:	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Serviços de manutenção	<input checked="" type="checkbox"/> Próprio	<input type="checkbox"/> Terceirizado	<input type="checkbox"/> Não dispõe
Tipo de Manutenção realizada:	<input type="checkbox"/> Preventiva	<input checked="" type="checkbox"/> Corretiva	
	<input type="checkbox"/> Preditiva	<input type="checkbox"/> Não realiza manutenção	
INSPEÇÕES:			

Frequência de inspeções regulares:	<input type="checkbox"/> Trimestral	<input type="checkbox"/> Semestral	<input checked="" type="checkbox"/> Outros: sem periodicidade
	<input type="checkbox"/> Anual	<input type="checkbox"/> Bianual	
Data da última inspeção especial: _____	<input checked="" type="checkbox"/> nunca realizada		
REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA:			
Data da revisão mais recente: _____	<input checked="" type="checkbox"/> nunca realizada		
Plano de Ação de Emergência			
Tem plano de ação de emergência (PAE) ou de contingência (data da última atualização)?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
	Data: 07/02/2022		
Se sim, indicar nome e telefone da primeira pessoa, externa ao empreendedor, a ser informada em caso de emergência:			
Nome: Luiz Francisco Borges da Silva			
Instituição: Corpo de Bombeiro de Ponte Nova			
Telefone: (31) 98699-0270 / (31) 3817-1543 / (31) 3811-4667			

7 DECLARAÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM QUANTO A CATEGORIA E DANO POTENCIAL ASSOCIADO

7.1 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

De acordo com a Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB destinadas a acumulação de água para quaisquer usos, disposição final ou temporária de rejeitos e acumulação de resíduos industriais, uma estrutura é considerada barragem se apresentar pelo menos uma das seguintes características:

- Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
- Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; e
- Categoria de dano potencial associado – DPA, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Conforme Artigo 5º da Lei Federal n.º 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, sendo a Agência Nacional de Águas (ANA) a entidade fiscalizadora das barragens de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, estando sob a

sua tutela as barragens localizadas em rios de domínio da União. Deste modo, cabe à ANA, para as barragens localizadas em rios federais sob sua jurisdição, a definição dos critérios complementares e o estabelecimento da metodologia de definição dos limites da área potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem.

Nas tabelas a seguir encontram-se detalhadas as características inerentes à Barragem Passa Cinco e os pesos imputados a cada um dos parâmetros de classificação. Conforme pode-se observar, a barragem em estudo apresenta um CRI de 65 sendo classificada como de ALTO risco, e um DPA de 20 tendo seu dano classificado como ALTO.

7.1.1 CATEGORIA DE RISCO

Conforme Portaria no 70.389/2017, a classificação de estruturas quanto à Categoria de Risco (CRI) é realizada em função das características técnicas, do estado de conservação e do atendimento ao plano de segurança. A seguir, são apresentados os parâmetros de avaliação e o somatório de pontos que resulta na classificação quanto à CRI.

Tabela 7.1 - Características técnicas (CT)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – CT					
Altura (a)	Comprimento (b)	Tipo de barragem quanto ao material de construção (c)	Tipo de fundação (d)	Idade da barragem (e)	Vazão do projeto (f)
Altura ≤ 15m (0)	Comprimento ≤ 200m (2)	Concreto convencional (1)	Rocha sã (1)	Entre 30 a 50 anos (1)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou decamilenar (3)
15m < Altura < 30m (1)	Comprimento > 200m (3)	Alvenaria de pedra/concreto ou ciclópico/concreto rolado CCR (2)	Rocha alterada dura com tratamento (2)	Entre 10 e 30 anos (2)	Milenar (5)
30m ≤ Altura ≤ 60m (2)		Terra homogênea/enrocamento/terra enrocamento (3)	Rocha alterada sem tratamento/rocha alterada fraturada com tratamento (3)	Entre 5 a 10 anos (3)	TR = 500 anos (8)
Altura > 60m (3)			Rocha alterada mole/saprólito/solo compacto (4)	< 5 anos ou > 50 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou desconhecida/estudo não confiável (10)
			Solo residual/aluvião (5)		
0	2	3	5	2	10
CT = ∑ (a até f)			15		

Tabela 7.2 - Estado de conservação (EC)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC					
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (g)	Confiabilidade das estruturas de adução (h)	Percolação (i)	Deformações e Recalques (j)	Deterioração dos taludes/Paramentos (k)	Eclusa (l)
Estruturas civis e hidroeletrônicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e dispositivos hidroeletrônicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Inexistente (0)	Inexistente (0)	Não possui eclusa (0)
Estruturas civis e hidroeletrônicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente. (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Estruturas civis e hidroeletrônicas bem mantidas e funcionando (1)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e	Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou	Erosões superficiais, ferrugem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados e com medidas

de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente. (7)	de vazão e sem medidas corretivas (6)	ombreira s sem implantação das medidas corretivas necessárias (5)	monitoramento (5)	monitoramento ou atuação corretiva (5)	corretivas em implantação (2)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com (10)		Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente (8)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento da segurança (8)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)
4	4	8	0	0	0
EC = \sum (g até l)				0	

Tabela 7.3 - Plano de segurança da barragem (PS)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO				
3 – PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM – PS				
Documentação de projeto (n)	Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem (o)	Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento (p)	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (q)	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação (r)
Projeto Executivo e “como construído” (0)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	Sim ou vertedouro tipo soleira livre (0)	Emite regularmente os relatórios (0)
Projeto Executivo ou “como construído” (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	Não (6)	Emite os relatórios sem periodicidade (3)
Projeto básico (4)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)		Não emite os relatórios (5)
Anteprojeto ou projeto conceitual (6)				
Não há documentação de projeto (8)				
8	8	6	0	5
PS = ∑ (j até n)			19	

7.1.2 DANO POTENCIAL ASSOCIADO

Conforme Portaria nº70.389/2017, a classificação da barragem quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) é realizada de acordo com o volume do reservatório, a existência de população a jusante, impactos sociais, econômicos e ambientais. Esses

impactos são verificados através dos parâmetros de avaliação e do somatório de pontos que resulta na classificação por DPA apresentados na Tabela 7.4.

Tabela 7.4 - Classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto Ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
Pequeno ≤ 5 milhões m ³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio 5 milhões a 75 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (4)
Grande 75 milhões a 200 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)		ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande Vol ≥ 200 milhões m ³ (5)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área		

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto Ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
	afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)		
1	12	3	4
DPA = \sum (a até d)			20

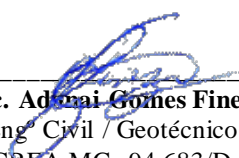
Tabela 7.5 - Classificação para Barragem Passa Cinco

1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1.1	Características Técnicas (CT)	15
1.2	Estado de Conservação (EC)	0
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	19
Pontuação total (CRI) = CT + EC + PS		34
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		CRI
ALTO		> = 60 ou EC* = 8(*)
MÉDIO		35 a 60
BAIXO		< = 35
(*) Pontuação de "8" em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.		
2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		Pontos
2.1	Volume total do reservatório	1
2.2	Existência de População à Jusante	12
2.3	Impacto Ambiental	3
2.4	Impacto Sócio-Econômico	4
Pontuação total (DPA)		20
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		DPA
ALTO		> = 16
MÉDIO		10 < DPA < 16
BAIXO		< = 10

8 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

VIII. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES		
Tem vigia:	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Tem operador (24 horas):	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Tem equipe fixa de operação da barragem ou equipe volante:	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não

Possui escritório no local da barragem:	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Possui edificação de apoio no local da barragem (área construída):	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Tem monitoramento de níveis d'água – Tipo:	<input type="checkbox"/> Sim Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Há histórico de acidente anterior?	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Quando?		
Ano da última reforma/reconstrução:		


D.Sc. Admar Gomes Fineza
Eng^o Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

PLANOS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM
VOLUME III – REGISTROS E CONTROLES
BARRAGEM PASSA CINCO
PONTE NOVA - MG

OUTUBRO DE 2021

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REGISTROS DE OPERAÇÃO.....	2
3	REGISTROS DE MANUTENÇÃO.....	2
4	FICHAS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS.....	3
5	RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR.....	3

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar o PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - PSB da “**Barragem Passa Cinco**” que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte do PSB da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta o Volume III do Plano de Segurança de Barragem (PSB). A Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº2257, de 31 de dezembro de 2014, estabelece os procedimentos para o cadastro de barragens e considera que o conteúdo e o nível de detalhamento do PSB são estabelecidos pela Resolução nº 91 da ANA, de 2 de abril de 2012.

- Registros de Operação;
- Registros da Manutenção;
- Registros de Monitoramento e Instrumentação;

- Fichas de Inspeções de Segurança de Barragens;
- Registros dos testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos, caso existam;
- Relatórios de Inspeção de Segurança Regular (RISR);
- Relatórios conclusivos de Inspeção de Segurança Especial;
- Ciente do empreendedor ou de seu representante legal.

Todos os registros devem seguir as diretrizes e critérios operacionais apresentados no Volume II – Planos e Procedimentos.

2 REGISTROS DE OPERAÇÃO

Os registros de operação relacionado a Barragem Passa Cinco deverão ser disponibilizados em registros físicos e digitais para que possam ser disponibilizados aos fiscais e auditores.

As atividades de operação da barragem devem seguir as premissas estabelecidas do Plano de Operação apresentado no Volume II do PSB.

3 REGISTROS DE MANUTENÇÃO

Os serviços de manutenção são executados em função das inspeções de rotina de acordo com a classificação do nível de risco da anormalidade. Quando detectada anormalidade Alerta ou Emergência, a mesma é tratada através do registro de Relatório de Não Conformidade – RNC, conforme procedimento PRC04.

Os serviços de manutenção de rotina incluem:

- Corte e conservação dos gramados;
- Reaterro de erosões superficiais;
- Desobstrução e limpeza de canaletas de drenagem;

- Remoção de entulhos e obstruções no vertedouro;
- Manutenção do volume de espera no reservatório;
- Manutenção dos instrumentos;
- Calibrações e testes de verificação dos dispositivos de leitura dos instrumentos.

Os serviços de manutenção especiais, caso necessário, deverão ser executados conforme recomendação dos relatórios de inspeção e de projetos específicos.

Os registros das atividades de manutenção deverão ser disponibilizados em registros físicos e digitais para que possam ser disponibilizados aos fiscais e auditores.

4 FICHAS DE INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

As Fichas de Inspeções de Segurança da Barragem Passa Cinco deverão ser disponibilizadas digitalmente aos fiscais e auditores. As inspeções na Barragem Passa Cinco deverão ocorrer quinzenalmente.

As avaliações de segurança da estrutura deverão ocorrer anualmente, segundo recomendações da Resolução nº 178, de 29 de junho de 2016, do CNRH. Os relatórios de Inspeção Regular da Barragem irão compor o Anexo I deste volume.

Durante as inspeções regulares caso sejam identificadas anomalias que resultem em pontuação máxima de 8 (oito) pontos, em qualquer coluna da Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco/Estado de Conservação (EC), referente anexo do Decreto Nº 48.140, de 25 de fevereiro de 2021, o Engenheiro ou Responsável Técnico deverá realizar os procedimentos relativos às inspeções especiais, com registro de Relatório de Não Conformidade – RNC.

5 RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULAR

Os relatórios de inspeção regular são referentes às auditorias realizadas na estrutura. No caso da Barragem Passa Cinco, a última auditoria ocorreu no ano de 2021, pela

empresa BARUK Consultoria Ambiental e Engenharia. Nesta auditoria é apresentada a matriz de classificação da estrutura, análises de estabilidade, avaliações hidrológicas e declaração de estabilidade.

Todas as auditorias realizadas na estrutura deverão ser anexadas neste volume (GBAR).

ANEXO I – RELATÓRIOS DE INSPEÇÕES REGULARES

ANEXO II – RELATÓRIOS DE INSPEÇÕES ESPECIAIS

PLANOS DE SEGURANÇA DA BARRAGEM
VOLUME IV – REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DA BARRAGEM
BARRAGEM PASSA CINCO
PONTE NOVA - MG

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	ASPECTOS ATUAIS E VISITA TÉCNICA.....	2
3	ANÁLISE DE PROJETOS EXISTENTES	3
4	PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS.....	3
5	PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL.....	4
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	4

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar o PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM - PSB da “**Barragem Passa Cinco**” que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte do PSB da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta o Volume IV do Plano de Segurança de Barragem (PSB). A Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº2257, de 31 de dezembro de 2014, estabelece os procedimentos para o cadastro de barragens e considera que o conteúdo e o nível de detalhamento do PSB são estabelecidos pela Resolução nº 91 da ANA, de 2 de abril de 2012.

Buscando discriminar ações por parte do empreendedor que conseqüentemente possam garantir a segurança do empreendimento, as atividades relacionadas à revisão de segurança englobam basicamente:

- Análises de toda a documentação existente acerca da barragem, em especial relatórios de inspeção;
- Avaliação dos procedimentos de manutenção e operação adotados;
- Análises comparativas de desempenho da barragem em relação a revisões anteriores.

2 ASPECTOS ATUAIS E VISITA TÉCNICA

Tendo em vista os fatores de segurança obtidos, em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017 e a partir do estado de conservação da barragem observado durante a inspeção de campo, pode-se concluir que as análises conduzidas representam bem a situação de campo e **não atestam a estabilidade geotécnica da Barragem Passa Cinco.**

De acordo com as inspeções realizadas pela equipe técnica da BARUK, a análise dos documentos disponibilizados e avaliação dos estudos de estabilidade realizados, observou-se que a estrutura não se encontra em condições adequadas de segurança, e devem ser corrigidos os problemas identificados na vistoria, conforme considerações apresentadas no item 6.

O sistema extravasor atual da Barragem Passa Cinco encontra-se em condições inadequadas de segurança frente à cheia associada ao período de retorno de 1.000 anos no que tange o aspecto de falha por galgamento, conforme norma ABNT NBR 13.028/2017.

3 ANÁLISE DE PROJETOS EXISTENTES

A Barragem Passa Cinco é construída em solo e sua face do talude de jusante constituída por concreto simples. Desta forma, o arranjo geométrico considerado para a Avaliação da estrutura, foi obtido através do levantamento topográfico realizado na área da estrutura. Os parâmetros dos materiais constituintes do maciço e fundação foram obtidos através de ensaios laboratoriais (caracterização completa, triaxial do tipo CIU e permeabilidade) e de campo (sondagens a percussão – SPT).

Desta forma, a estrutura possui as seguintes características:

- Crista com largura de 9,00 metros aproximadamente;
- Talude de jusante sem bermas com inclinação 1,0H:1,0V (45°);
- Cota da soleira do vertedouro identificada 478,00 metros aproximadamente;
- Cota da crista identificada 479,00 metros aproximadamente;

O dispositivo extravasor identificado, não possui geometria definida, pois o mesmo foi escavado de maneira não controlada no próprio terreno natural. Deste modo, é essencial a adequação da estrutura extravasora com geometria definida através de estudos hidrológicos e sua superfície protegida para o correto funcionamento. Neste aspecto, é possível afirmar que a estrutura extravasora existente não está adequada, ou seja, será necessário o correto dimensionamento e posteriormente a sua execução obedecendo o projeto de adequação.

Atualmente não há instrumentos instalados no maciço para monitoramento da Barragem Passa Cinco.

4 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

O Volume II do PSB apresenta o item Plano de Operação. Este item apresenta o controle de ocupação do reservatório, volume de ocupação do mesmo e frequência das inspeções rotineiras.

5 PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

O Volume V do PSB apresenta o item Plano de Ação Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM. Este item apresenta as ações emergenciais requeridas para os efeitos decorrentes de situações adversas que afetem a segurança da Barragem Passa Cinco e possam causar danos à sua integridade estrutural e operacional, à preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os fatores de segurança obtidos, em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017 e a partir do estado de conservação da barragem observado durante a inspeção de campo, pode-se concluir que as análises conduzidas representam bem a situação de campo e **não atestam a estabilidade geotécnica da Barragem Passa Cinco.**

De acordo com as inspeções realizadas pela equipe técnica da BARUK, a análise dos documentos disponibilizados e avaliação dos estudos de estabilidade realizados, observou-se que a estrutura não se encontra em condições adequadas de segurança, e devem ser corrigidos os problemas identificados na vistoria, conforme considerações apresentadas no presente documento.

Adicionalmente são recomendadas as seguintes medidas corretivas, a serem implantadas de forma programada:

- i. Rebaixamento do nível do reservatório da barragem Passa Cinco;
- ii. Elaboração de Projeto de Reforço da Barragem;
- iii. Elaboração de Projeto de Sistema Extravisor;
- iv. Implantação dos Projetos supracitados;

- v. Implantação de um sistema de inspeções no barramento e suas estruturas auxiliares para acompanhamento do estado da barragem;
- vi. Implantação de programa de manutenção, incluindo combate a pragas e roçada.

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS
VOLUME II – PLANO E PROCEDIMENTOS
BARRAGEM PASSA CINCO
PONTE NOVA – MG

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	LOCALIZAÇÃO.....	2
3	FICHA TÉCNICA.....	3
4	PLANO DE OPERAÇÃO	4
4.1	OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO.....	4
4.2	SISTEMA EXTRAVASOR	5
4.3	REGISTROS DA OPERAÇÃO DA BARRAGEM.....	5
4.4	PLANO DE CONTIGÊNCIA E AÇÕES EMERGENCIAIS.....	5
4.5	DIVULGAÇÃO E TREINAMENTO SOBRE O MANUAL DE OPERAÇÃO	5
5	PLANEJAMENTO DAS MANUTENÇÕES.....	6
6	PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO.....	8
7	PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DA BARRAGEM	9
7.1	RESERVATÓRIO.....	9
7.2	SISTEMA EXTRAVASOR	10
7.3	MACIÇO	10
7.4	DRENAGEM SUPERFICIAL	11
7.5	SURGÊNCIA DE ÁGUA	12
7.6	PÉ DO TALUDE DE JUSANTE	12
7.7	OMBREIRAS.....	12
7.8	ACESSOS	13
7.9	INSTRUMENTAÇÃO.....	13
7.10	ANOMALIAS ESTRUTURAIS.....	14

8	CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS	15
9	PLANO DE INSPEÇÃO.....	16
9.1	INSPEÇÃO REGULARES	18
9.2	INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULARES (ISR).....	18
9.3	INSPEÇÃO DE SEGURANÇA ESPECIAIS (ISE).....	19
10	REGISTROS DA OPERAÇÃO DA BARRAGEM	20

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar o PSB (Plano de Segurança de Barragem) da “**Barragem Passa Cinco**” que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte do PSB da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta o Volume II do Plano de Segurança de Barragem (PSB). Este documento é parte integrante do Plano de Segurança da Barragem, considerando a Resolução ANA n° 91, de 2 de abril de 2012, que estabelece o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, conforme art. 8°, 10 e 19 da Lei Federal n° 12.334, de 20 de setembro de 2010, a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB.

A estrutura em avaliação é a Barragem Passa Cinco, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponte Nova, localizada no município de Ponte Nova-MG.

Portanto, a itemização deste relatório seguiu a estruturação do Volume II do PSB (planos e procedimentos), conforme apresentada a seguir:

- Item 1 - Plano de Operação.
- Item 2 - Planejamento de Manutenções.
- Item 3 - Plano de Monitoramento e Instrumentação.
- Item 4 - Planejamento das inspeções de segurança da barragem.
- Item 5 - Cronograma de testes de equipamentos hidráulicos, elétricos e mecânicos.
- Item 6 - Plano de Inspeção.
- Item 7 - Registros da Operação da Barragem.

Uma cópia deste relatório deve ser encaminhada para todos os responsáveis pela operação ou manutenção dos componentes da barragem. Quando houver revisão do mesmo.

Este documento deverá ser submetido periodicamente ao processo de revisão e melhoria contínua, a ser promovido pelas equipes de operação, em comum acordo com a projetista e com o responsável técnico pela estrutura. Estas revisões deverão ser promovidas anualmente e sempre que houver mudanças nas características da barragem e/ou condições operacionais.

2 LOCALIZAÇÃO

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Rua Coronel Emilio Martins.

A Figura 2.1 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.

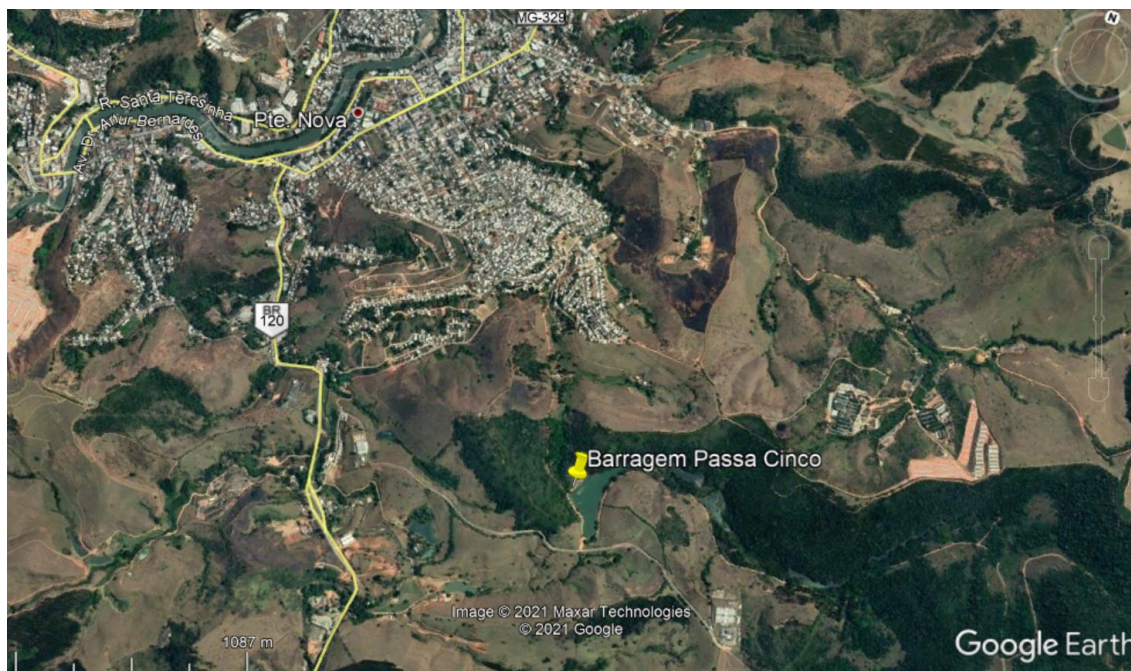


Figura 2.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

3 FICHA TÉCNICA

O maciço possui inclinação do talude de montante de 1H:1,5V, e a de jusante igual a 1H:1,0V. O desnível entre pé da barragem e crista é aproximadamente a 9,0m e, crista apresentava largura aproximadamente de igual à 9,0m. O sistema de drenagem interna não foi identificado.

A estrutura extravasora de operação é composta por tipo soleira livre em terreno natural, com seção sem geometria definida implantada sob a barragem. A soleira do extravasor está implantada na El. 478,0m e a crista na EL. 479,0 m.

O sistema extravasor não se tem o conhecimento sobre seu dimensionamento, deste modo o mesmo deve ser redimensionado para o atendimento a ABNT NBR 13.028(2017).

A instrumentação é inexistente na estrutura, ou seja, deverá ser realizado o estudo de adequação para a proposição de instrumentos para o monitoramento da barragem.

A Tabela 3.1 apresenta as características técnicas do projeto e construção da Barragem Passa Cinco.

Tabela 3.1 - Ficha Técnica da Barragem Passa Cinco

CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO E DA CONSTRUÇÃO	
DADOS GERAIS	
Nome da Barragem	Barragem Passa Cinco
Finalidade	Contenção de água
Cota Atual da Crista	479,0 m
Cota Atual do Pé da barragem	470,0 m
Altura Máxima Atual	9,0 m
Comprimento Atual da Crista	70,0 m
Elevação do Reservatório	476,0 m
Volume do Reservatório	156.930 m ³
Tipo de Seção	Homogênea
Drenagem Interna	Inexistente
Instrumentação	Inexistente
HIDROLOGIA / HIDRÁULICA	
Área da Bacia	2,76 km ²
Tempo de Concentração	41,18 min
Precipitação de Projeto	234,40 mm
NA Máximo Operacional	478,0 m
NA Máximo Maximorum	478,5 m
ESTRUTURA VERTENTES	
Vertedouro	Extravasador operacional do tipo soleira livre

A estrutura e organização para a operação das Barragem de Água foi estabelecida, nomeando os responsáveis, de acordo com a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Definição de responsabilidades da Barragem Passa Cinco

Definição	Responsável	Telefone
Prefeito/responsável legal	Wagner Mol Guimarães	(31) 3819 - 5454
Secretário de meio ambiente	Bruno Oliveira do Carmo	(31) 3817 - 1896
Coord. Unidade de Conservação	Thiago Carvalho da Fonseca	(31) 3817 - 1896

4 PLANO DE OPERAÇÃO

4.1 OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

O volume disponível no reservatório da barragem deverá ser monitorado através de execução de batimetrias bianual, a fim de conhecer o aporte de sedimentos no reservatório. Sendo identificado um volume grande de sedimentos deverá ser providenciado a remoção.

O controle do reservatório será necessário para a manutenção da borda livre operacional de 1,0 m, correspondente ao nível d'água do reservatório na elevação 478,0 m.

Deverá ser feito o controle sistemático da vazão liberada para jusante, tanto a vazão do sistema extravasor, quanto da vazão percolada pelo maciço/fundação.

Para o controle do nível d'água do reservatório, deverá ser instalado uma régua linimétrica.

4.2 SISTEMA EXTRAVASOR

O acompanhamento do nível d'água é essencial para o entendimento operacional do sistema extravasor, portanto este deverá ser realizado diariamente.

4.3 REGISTROS DA OPERAÇÃO DA BARRAGEM

Durante a operação da barragem deverá ser elaborado relatório de operação, contemplando todos os registros de monitoramento e manutenção, que deverá ser realizado a cada 6 meses. Este relatório deverá ser elaborado pela equipe responsável pela operação da Barragem;

Sempre que ocorrerem incidentes que afetem a operação e/ou as condições de segurança da barragem, estes devem ser relatados por relatórios específicos com indicação das causas.

4.4 PLANO DE CONTINGÊNCIA E AÇÕES EMERGENCIAIS

O plano de contingência e ações emergenciais deve ser consultado para caracterização e identificação das feições mais vulneráveis das áreas de jusante. O Plano de Ações de Emergências (PAE), pode ser consultado no Volume V do Plano de Segurança de Barragens.

4.5 DIVULGAÇÃO E TREINAMENTO SOBRE O MANUAL DE OPERAÇÃO

Deverá ser fornecido um treinamento pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova sobre o Manual de Operação da Barragem para conhecimento e implantação das responsabilidades e competências de cada envolvido.

O objetivo deste treinamento deve ser para garantir o entendimento detalhado das técnicas e requisitos de projeto, construção e operação, de acordo com a função e trabalho a ser desenvolvido, incluindo o entendimento sobre o funcionamento, a operação e manutenção dos instrumentos de monitoramento, estabelecimento de rotinas de inspeção e relatórios e registros diários, semanais e mensais dos eventos relevantes.

5 PLANEJAMENTO DAS MANUTENÇÕES

Os serviços de manutenção deverão ser definidos a partir de observações constatadas em inspeções, durante a operação ou em auditorias realizadas por empresas contratadas. Alguns destes serviços deverão ser executados logo após a identificação do problema, evitando assim a sua evolução e/ou associação com outros, e consequente potencialização de ameaças à operação e a segurança das estruturas.

Na Tabela 5.1 estão relacionadas as atividades de inspeção regular e a frequência de sua realização, nos períodos chuvosos e secos, para cada componente da barragem. Nesta tabela, também encontram-se apresentadas as ações indicadas para as inspeções a serem realizadas.

Tabela 5.1 - Inspeção e manutenção das estruturas e dos instrumentos de monitoramento geotécnico.

Estrutura	Inspeção	Frequência de Inspeção		Ação
		Período Chuvoso	Período Seco	
Maciço, Ombreiras e Acessos	Verificação da geometria, seção transversal e perfil longitudinal.	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Regularização da superfície da crista e taludes, adequando-as às condições de projeto.
	Erosões, deslocamentos e escorregamentos	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Preenchimento do trecho erodido com material de maior resistência ao arraste e desvio de eventual escoamento.
	Integridade estrutural	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Reforço, reposição de material quando necessário. Preenchimento do local deteriorado com material de maior resistência a abrasão.
	Proteção superficial	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Aplicação de revestimento vegetal ou outro dispositivo de proteção superficial. Garantir a integridade do sistema de drenagem superficial, sempre promovendo a sua limpeza.
Sistema Extravasor	Integridade estrutural e erosões	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Reforço, reposição de material quando necessário. Preenchimento do local deteriorado com material de maior resistência a abrasão
	Assoreamento	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Retirada do material depositado.
	Emboque e saída	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Retirada de material depositado e reconstrução do material erodido.
Dispositivos de drenagem Superficial	Integridade estrutural e erosões	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Reforço, reposição de material quando necessário Preenchimento do local deteriorado com material de maior resistência a abrasão
	Assoreamento	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Retirada do material depositado.
Instrumentação	Leitura dos instrumentos e compilação dos dados de monitoramento	Semanal*	Quinzenal*	Análise das informações e acompanhamento das alterações/modificações nas condições previstas pela Carta de Risco para posterior tomada de decisão. *As leituras nos instrumentos deverão ser semanais abaixo do nível normal ou leituras diárias quando o nível de segurança entrar em alerta.
	Verificação do funcionamento	Quinzenal	Quinzenal	Caso haja comprometimento do instrumento deverá ser realizada a sua substituição.
Reservatório	Condição de estabilidade dos taludes, existência de erosões, sedimentos e material flutuante	Quinzenal ou Imediatamente após intensos eventos chuvosos	Quinzenal	Prover sistema de contenção de taludes, controle do processo erosivo e retirada de material flutuante.
Geral	Inspeções Especiais	Diário	Semanal	Necessário avaliar a anomalia e tomar providência em caráter emergencial.

Na presença de alguma anomalia encontrada durante as inspeções regulares, que possa vir a causar sérios danos a barragem, o empreendedor deverá realizar inspeção de segurança especial até a sua extinção ou seu controle.

Dentre os serviços de manutenção geral da barragem, pode-se citar os seguintes, para reparos quando se fizerem necessários:

- Reparo de sulcos de erosão nos taludes e bermas;
- Reparo ou substituição de instrumentos;
- Poda da cobertura vegetal (grama);
- Replanteio da cobertura vegetal nas áreas de falha;
- Reaterro da crista, para correção de eventuais recalques e correção da drenagem;
- Remoção de cupinzeiros e formigueiros no maciço de solo (ombreira direita);

A equipe responsável pela manutenção da barragem deverá ser especialmente treinada para executar os trabalhos de rotina, bem como para dar início aos procedimentos de controle nas situações de emergências. A preparação desta equipe requer cursos de capacitação para adequar o seu desempenho e dominar o entendimento das funções que estarão sob sua responsabilidade.

6 PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

Este item consolida as informações relevantes para a implementação e execução do programa de monitoramento e de instrumentação da Barragem Passa Cinco.

O programa de monitoramento geotécnico prevê a instalação de instrumentos, que permitam acompanhar o desenvolvimento de pressões neutras no maciço de solo e fundação.

Atualmente, a Barragem Passa Cinco não possui nenhum instrumento instalado, no entanto deverá ser implementado os instrumentos onde será previsto no projeto de adequação da estrutura um programa de instrumentação. A implantação do programa de monitoramento e instrumentação é de extrema importância, pois servirá para detecção de

eventuais anomalias que podem comprometer a estabilidade geotécnica e a segurança hidráulica da estrutura.

As frequências de leitura apresentadas devem ser entendidas como mínimas, sendo intensificadas sempre que forem observadas leituras que superem os valores de atenção ou outras ocorrências excepcionais que resultem em variações acentuadas de leituras.

Para avaliar a segurança e o funcionamento da Barragem Passa Cinco, o monitoramento geotécnico deverá ser realizado através da coleta de informações para o diagnóstico do comportamento dos aterros, cortes, terrenos de fundação, etc. Essas informações fornecerão elementos para uma operação segura da barragem.

Em caso de algum instrumento apresentar leitura anômala, deve-se intensificar a frequência de leitura deste instrumento, assim como as inspeções no local, até que se descubra o motivo que a gerou, voltando à frequência normal após a solução do problema.

A instrumentação associada ao monitoramento da barragem permite a análise de comportamentos não previstos, que irão indicar a adoção de medidas reparadoras, bem como a sinalização de condições seguras de operação.

7 PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

7.1 RESERVATÓRIO

As principais características que deverão ser observadas para verificação de anormalidades no reservatório são: tamanho do reservatório, configuração do reservatório, borda livre, assoreamento e nível da água.

Deverá ser verificada durante as inspeções das margens do reservatório da barragem a presença de focos de erosões, deslizamentos superficiais e aporte de sedimentos para evitar o enchimento acelerado do reservatório comprometendo a sua vida útil.

Deve ser verificada a presença de material flutuante no reservatório, removendo qualquer um que esteja próximo ao emboque do extravasor e aqueles sem utilização.

7.2 SISTEMA EXTRAVASOR

O extravasor deverá ser inspecionado quanto à presença de danos na estrutura tais como, deslocamentos, fissuras, evidências de reação álcali-agregados, defeitos nas juntas, recalques e assoreamentos do canal. Tais anomalias devem ser relatadas para providências de reparos. Obstruções no emboque bem como eventual presença de vegetação, também, deve ser alvo de registro para reparos.

Recomenda-se a verificação sistemática de vazamentos e trincas na estrutura de concreto do vertedouro.

É imprescindível que qualquer estrutura ou material que possa impedir o fluxo de água seja retirado imediatamente.

Deve-se ter atenção e ser inspecionada regulamente a bacia de dissipação, a fim de verificar se o fluxo vertente comporta-se de maneira adequada, sem provocar trincas no concreto da bacia de dissipação.

Recomenda-se a limpeza periódica do canal, para evitar que o assoreamento reduza a capacidade de extravasão do vertedouro e a inspeção semestral detalhada de todo o Sistema Extravasor de forma a observar qualquer anomalia.

7.3 MACIÇO

Para o maciço da barragem, é necessário desenvolver e executar um programa de manutenção direcionado ao controle do escoamento de águas superficiais e erosão, a fim de se prevenir sua deterioração e o desenvolvimento de caminhos preferenciais de percolação.

Tal programa de manutenção deverá ser periódico, incluindo a manutenção regular do maciço - coroamento e taludes, a partir do controle da vegetação, controle de animais e insetos, estabilização de taludes, manutenção e limpeza dos dispositivos de drenagem superficial e das proteções das saídas dos dispositivos de drenagem interna.

Nesse sentido, todas as anomalias observadas deverão ser verificadas e anotadas, principalmente quanto sua localização. Em especial, nos períodos chuvosos, atentar-se

para possíveis erosões e suas correções imediatas de tal forma a evitar sua evolução, principalmente na região das ombreiras, onde ocorre maior concentração de águas.

Deve-se atentar para erosões superficiais nos taludes, pois, normalmente, são indícios de falhas na proteção de taludes e/ou drenagem inadequada, gerando escoamento superficial não controlado e/ou eventuais percolações. Na ocorrência deste tipo de situação anomalia deverá ser corrigida.

As trincas eventualmente encontradas ao longo do maciço deverão ser registradas para acompanhamento do seu desenvolvimento e/ou estabilização das mesmas. Elas deverão ser totalmente caracterizadas, com descrições acerca de sua abertura, extensão, orientação, profundidade e localização. Recomenda-se o cadastro topográfico das mesmas e inserção de elementos para monitoramento quantitativo.

A estrutura também deverá ser vistoriada quanto à existência de aberturas/cavidades provenientes de animais e vegetação. O crescimento de árvores e arbustos, tanto no talude de jusante quanto no de montante, deve ser prevenido para evitar que as raízes causem danos à estrutura, tal como caminhos de percolação, vazios no maciço, entre outros.

7.4 DRENAGEM SUPERFICIAL

As estruturas de drenagem superficial devem ser instaladas, contínuas e perfeitamente interligadas. O mau funcionamento e/ou ausência da drenagem superficial pode ocasionar erosões, percolações no maciço ou aumentar a saturação do mesmo.

As estruturas de drenagem superficial devem ser mantidas desassoreadas.

Deve-se atentar para as erosões superficiais nos taludes, pois normalmente é indício de falhas na sua proteção e/ou evidência de drenagem superficial inadequada, ou insuficiente, gerando escoamento superficial não controlado e/ou eventuais percolações.

7.5 SURGÊNCIA DE ÁGUA

O corpo da Barragem deve ser inspecionado regularmente para a verificação de aparecimentos de surgências de água com pontos úmidos e bolhas. No entanto, podem por vezes ocorrer percolações não controladas através do corpo da barragem.

Caso existam, as áreas com surgências deverão ser examinadas para estabelecer sua origem, se resultante de umidade superficial, percolação, água percolada pela ombreira ou outras origens.

A avaliação de surgência de água no contato entre o maciço e ombreira trata-se de um ponto que merece um cuidado especial, dado que este possui potencial de ocorrência de surgência.

As zonas saturadas deverão ser devidamente localizadas, mapeadas e inspecionadas diariamente para acompanhamento da evolução ou involução da surgência, até a implantação de medidas corretivas.

As infiltrações a que correspondam fluxos e velocidades elevados devem ser tratadas, dado que contribuem para a deterioração do maciço, por lavagem dos materiais mais finos. A forma mais eficaz de tratar estas infiltrações consiste na procura e selagem da sua entrada.

7.6 PÉ DO TALUDE DE JUSANTE

O pé do talude de jusante deverá ser periodicamente limpo, de forma a permitir a inspeção, para a percepção de surgências de água e carreamento de sólidos.

Caso ocorra alguma anomalia, os responsáveis técnicos, assim como a projetista, deverão ser informados para analisar as causas e tomar as medidas corretivas.

7.7 OMBREIRAS

Nas ombreiras deverão ser inspecionadas a existência de surgências, erosões e vegetação excessiva, que possam vir a desestabilizar o maciço, além de recalques e trincas.

No caso de ocorrência de alguma não conformidade, conforme descrito acima, deverá ser registrada e averiguada a extensão e a gravidade da mesma.

Dentre os serviços de manutenção geral, pode-se citar os seguintes reparos, quando se fizerem necessários:

- Reparo de sulcos de erosão nos taludes e bermas;
- Reparo ou substituição de instrumentos;
- Poda da cobertura vegetal (grama);
- Replante da cobertura vegetal nas áreas de falha;
- Reparo na proteção do talude de montante;
- Reaterro da crista, para correção de eventuais recalques e correção da drenagem;
- Remoção de cupinzeiros e formigueiros no maciço.

Durante as inspeções nas ombreiras e maciço da barragem, deverão ser verificados focos de erosão sob esta, deslizamentos superficiais, e aporte de sedimentos para evitar o enchimento acelerado do reservatório comprometendo a sua vida útil.

7.8 ACESSOS

Verificar se as condições do acesso à barragem e ao reservatório estão adequadas para a passagem de veículos e de equipamentos apropriados, para qualquer condição meteorológica e com revestimento apropriado.

Verificar se existe drenagem superficial nos acessos para evitar o aparecimento de erosões e ravinas, além de evitar pontos de alagamentos na pista que podem dificultar ou impedir o tráfego de veículos e equipamentos. Os taludes de cortes e aterros devem estar estáveis e revegetados para evitar a deposição de sedimentos nos acessos. As drenagens dos acessos como sarjetas e bueiros deverão estar desassoreados e desobstruídos. Verificar a existência de acessos secundários para utilização em casos eventuais e suas condições de uso.

7.9 INSTRUMENTAÇÃO

A manutenção na instrumentação deve estar relacionada a:

- Manter a integridade física do instrumento;
- Garantir a identificação do instrumento;

- Corrigir danos ocasionados por vandalismo; e
- Garantir condições adequadas de acessos para a leitura.

Se porventura, algum instrumento for danificado, este deverá ser recuperado imediatamente, caso seja inviável sua recuperação este deverá ser substituído.

Faz parte da manutenção dos instrumentos: a roçada da vegetação, a limpeza, o nivelamento do entorno para não acumular água, a sinalização, conservação e proteção dos mencionados instrumentos (tubo, tampa de aço galvanizado e base de concreto) e da placa de identificação.

Os acessos aos instrumentos deverão estar em condições de tráfego, inclusive em época chuvosa. Devem ser realizados testes de recuperação nos instrumentos sempre que apresentarem qualquer defeito ou leitura inconsistente. O teste de recuperação consiste no preenchimento de todo o bulbo do instrumento com água e, de posse de um cronômetro e uma trena, anota-se periodicamente as variações de nível d'água ao longo do tubo com os respectivos tempos. Estes registros são feitos até equalização do NA no tubo do instrumento.

7.10 ANOMALIAS ESTRUTURAIS

Anomalias estruturais são aquelas que apresentam deterioração ou mau funcionamento que podem, a médio e longo prazo, causar danos à estrutura ou prejudicar sua operação. Na identificação de alguma dessas anomalias, deverá ser registrada em ficha de inspeção, cadastrada e elaborado um plano de ação corretivo (elaborado pela equipe de manutenção).

Se houver a ocorrência de alguma anomalia estrutural no maciço, deverá ser tratada conforme orientação abaixo:

Proteção vegetal inadequada: Eliminação da vegetação (musgos, líquenes ou outras espécies vegetais) na crista da barragem ou no paramento de jusante. O desmatamento das ombreiras e do pé de jusante das barragens é uma ação importante porque facilita a observação de anomalias, nomeadamente de fissuras e surgências, assim como a manutenção dos acessos aos equipamentos e à instrumentação da barragem.

Fissuras/trincas: Podem desenvolver-se fissuras/trincas na barragem associadas a deficiências do projeto, de construção, ou mesmo recalques da estrutura, em regra, afetam essencialmente as condições de funcionamento, dão origem ao aparecimento de surgências e, ao longo do tempo, podem afetar as condições de segurança da barragem. Assim, é importante identificar estas fissuras e controlar o seu desenvolvimento.

Umidade e surgências: Identificar, monitorar, avaliar e, caso necessário, implantar medidas corretivas. Surgências no paramento de jusante do maciço e contato com ombreiras, mesmo que controladas, deverão ser tratadas considerando-se condições extremas de percolação através do maciço. A forma mais eficaz de tratar estas infiltrações consiste na procura e selagem da sua entrada. Se através das inspeções de segurança se concluir pela necessidade de uma reparação deste tipo, poderá haver necessidade de esvaziar o reservatório.

Ocorrências de surgências não controladas, com tendência de aumento de vazão ou com carreamento de sólidos, deverão ser tratadas emergencialmente. Acionar engenheiro geotécnico/estrutural responsável e providenciar avaliação de consultores e projetistas para definição do tratamento.

8 CRONOGRAMA DE TESTES DE EQUIPAMENTOS

Não existem equipamentos, mecânicos ou elétricos, associados à segurança da barragem. Entretanto, os instrumentos de monitoramento estão relacionados à segurança da barragem, logo foi proposto um cronograma de testes para verificar o funcionamento dos mesmos, conforme apresentado na Tabela 8.1.

Tabela 8.1 - Cronograma de testes de funcionamento dos instrumentos

INSTRUMENTO	FREQUÊNCIA DE TESTES
Medidor de nível d'água	Teste de funcionamento anual
Medidor de Vazão	Inspeções visuais no ato da leitura

Para os piezômetros a frequência de teste de funcionamento deverá ser realizadas, conforme apresentado na Tabela 8.1. Caso seja verificada uma mudança substancial ou alguma avaria que possa prejudicar a leitura do instrumento, o mesmo deverá ser submetido ao teste de funcionamento imediatamente. Os testes de funcionamento realizados deverão ser registrados.

Os medidores de vazão deverão ser inspecionados no ato da leitura. Caso o instrumento esteja danificado, o mesmo deverá ser substituído imediatamente.

9 PLANO DE INSPEÇÃO

Inspeções e avaliações técnicas devem ser realizadas para avaliar as características hidráulicas, hidrológicas, geotécnicas e estruturais das diversas instalações da barragem.

As inspeções devem ser realizadas por pessoal qualificado e treinado para identificar, visualmente, as anomalias que possam afetar a segurança da estrutura e realizar leituras e medições dos instrumentos instalados.

Estas inspeções são atividades essenciais para avaliação do estado de segurança da estrutura, uma vez que permitem detectar, visualmente, sinais prévios de processos potencialmente instabilizantes.

A vistoria e a avaliação do local devem ser guiadas e determinadas por contínua atenção, reconhecimento e compreensão das possíveis falhas nas estruturas. A fim de se criar um procedimento e, deste modo, facilitar/agilizar/uniformizar os trabalhos de inspeção de campo, é recomendável a utilização de ferramentas de apoio, tais como:

- Planilhas/ “Check lists” com os elementos e aspectos a serem observados;
- Desenhos (plantas e seções) da barragem para registros das posições das anormalidades;
- Relatórios fotográficos ilustrando as anomalias/não conformidades.

Toda inspeção deverá ser registrada (planilhas, fotos e descrições do comportamento dos equipamentos, incluindo relato de avarias; dos testes, alterações e modernização de equipamentos; dos monitoramentos e das leituras, devidamente

validadas, de todos os instrumentos), de maneira a permitir a formação de um banco de dados com o histórico de desempenho do sistema, permitindo o seu acompanhamento contínuo.

A Figura 9.1 apresenta o fluxograma que resume as principais atividades realizadas durante a inspeção.

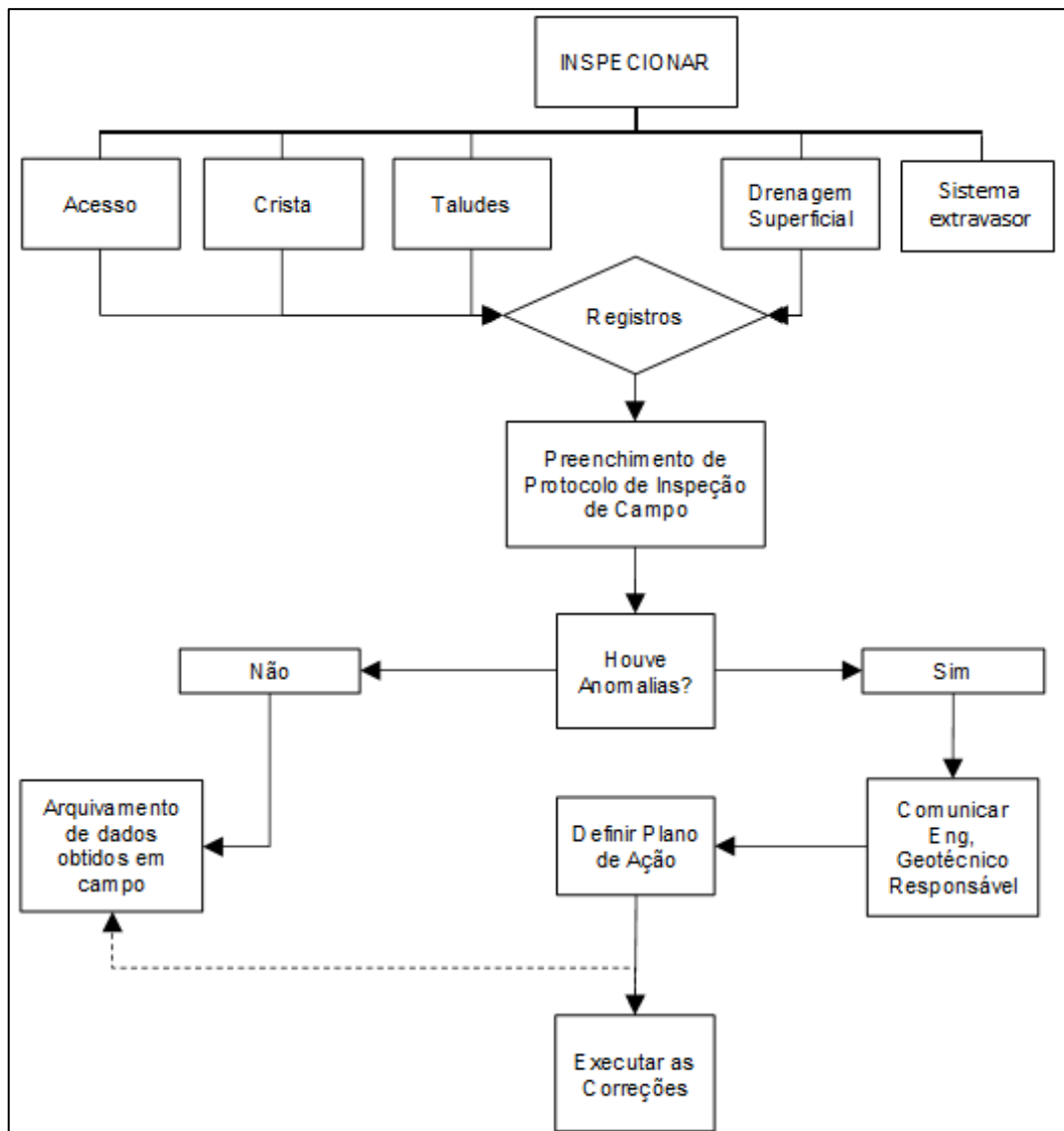


Figura 9.1 - Fluxograma das atividades de Inspeção.

As inspeções a serem realizadas são classificadas em:

- Inspeções Regulares de Rotina;

- Inspeção de Segurança Regular;
- Inspeções Especiais.

9.1 INSPEÇÃO REGULARES

As inspeções regulares de rotina são atividades essenciais para avaliação do estado de segurança e conservação da estrutura, uma vez que permitem detectar, visualmente, sinais prévios de processos de instabilização e anomalias. Este tipo de inspeção será realizado pela equipe local de Operação e Monitoramento da Barragem, com uma frequência mínima quinzenal no período de seca, e semanal no período de chuvas (caso se note anomalias e/ou não conformidades neste período).

A empresa designada para a inspeção, é responsável pelo registro fotográfico das inspeções e pela implantação das adequações pertinentes e tratamentos das situações identificadas nas inspeções.

Ao fim de cada inspeção, as fichas de inspeção e os dados do monitoramento da instrumentação deverão ser entregues ao responsável pela barragem, devendo esse responsável fazer parte da equipe de Segurança de Barragens da empresa responsável pela inspeção.

9.2 INSPEÇÃO DE SEGURANÇA REGULARES (ISR)

As inspeções de segurança regulares têm, por objetivo, avaliar as condições físicas das partes integrantes da barragem, visando identificar e monitorar anomalias que possam afetar, potencialmente, a sua segurança. Essas inspeções deverão ser realizadas anualmente pela equipe de Segurança de Barragens, além do órgão fiscalizador poder exigir outra Inspeção de Segurança Regular – ISR, a qualquer tempo. Os profissionais aptos a realização destas inspeções, deverão atender aos requisitos de qualificação exigidos pela lei e/ou empresa terceirizada contratada para tal.

As inspeções regulares deverão ser registradas através dos seguintes documentos:

- Ficha de Inspeção Regular devidamente preenchida;
- Relatório de Inspeção Regular contendo a identificação do empreendedor, identificação do responsável técnico pela segurança da barragem, juntamente com a ART

(anotação de responsabilidade técnica), avaliação e classificação e/ou reclassificação (caso necessário) quanto ao Estado de Conservação referente à Categoria de Risco da Barragem, além do registro das inspeções de rotina compiladas (fichas de inspeção e de monitoramento), as ações mitigadoras e/ou corretivas adotadas para tratar as anomalias identificadas. Além disso, o relatório deverá listar as anomalias identificadas na inspeção regular, registro fotográfico dessas anomalias, comparação entre as inspeções regulares realizadas anteriormente, ações mitigadoras e/ou corretivas a serem tomadas;

- Extrato da Inspeção de Segurança de Barragem;
- Declaração da Condição de Estabilidade da Barragem;
- Ciente do Representante Legal do Empreendedor.

9.3 INSPEÇÃO DE SEGURANÇA ESPECIAIS (ISE)

As inspeções especiais devem ser realizadas, em caráter excepcional, para avaliar as condições físicas das partes integrantes da estrutura sempre que a inspeção regular de rotina identificar ao menos uma anomalia que resulte em pontuação máxima (pontuação = 08) em qualquer coluna no quadro de estado de conservação referente à Categoria de Risco da Barragem. A periodicidade para realização das Inspeções de Segurança Especiais deverá ser diária até que a anomalia detectada tenha sido classificada como extinta ou controlada.

Essa inspeção poderá ser realizada pela equipe de Segurança de Barragens (desde que a mesma atenda aos requisitos de qualificação exigidos pela lei) e/ou empresa terceirizada contratada para tal.

As inspeções especiais deverão ser registradas através dos seguintes documentos:

- Ficha de Inspeção Especial devidamente preenchida;
- Relatório de Inspeção Especial contendo a identificação do representante legal da empresa, identificação do responsável técnico para a mitigação das anomalias que obtiveram máxima pontuação em qualquer coluna no quadro de estado de conservação referente à Categoria de Risco da Barragem, avaliação das anomalias com pontuação máxima e registro fotográfico, reclassificação (caso necessário), avaliação das ações mitigadoras e/ou corretivas adotadas para tratar cada anomalia identificada (que obteve pontuação máxima). Salienta-se que a inspeção especial que atestar a extinção de uma anomalia ou que a anomalia com máxima pontuação encontra-se controlada deverá apresentar um relatório conclusivo assinado pelo responsável técnico, juntamente com a ART (anotação de responsabilidade técnica) atestando a liberação da estrutura para a sua operação. Caso a anomalia com pontuação máxima seja classificada como “não extinta”, deverão ser listadas as ações mitigadoras e/ou corretivas necessárias para eliminar a anomalia. Neste caso, a periodicidade da inspeção especial passa a ser diária até que a anomalia seja classificada como controlada ou extinta.

- Extrato da Inspeção de Segurança de Barragem;
- Ciente do Representante Legal do Empreendedor.

10 REGISTROS DA OPERAÇÃO DA BARRAGEM

Deverão ser preparados, periodicamente, os seguintes registros mínimos para documentação da operação:

- Relatório de operação mensal, com as seguintes informações mínimas:
 - Registros quinzenal de posição do NA do reservatório;
 - Registros mensais de borda livre;
 - Registros das inspeções regulares realizadas.
- Relatório mensal dos resultados da instrumentação;
- Registros mensais das inspeções regulares realizadas quinzenalmente, contemplando os registros de anomalias e planos de ação;
- Relatório anual com a síntese dos relatórios mensais e avaliação da segurança.

**RELATÓRIO TÉCNICO
AUDITORIA DE SEGURANÇA
BARRAGEM PASSA CINCO
PONTE NOVA - MG**

FEVEREIRO DE 2022

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVO.....	2
3	LOCALIZAÇÃO.....	2
4	CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO.....	3
5	CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM.....	4
5.1	CATEGORIA DE RISCO.....	5
5.2	DANO POTENCIAL ASSOCIADO.....	9
6	ARRANJO E GEOMETRIA DA BARRAGEM PASSA CINCO.....	12
7	CONDIÇÃO ATUAL.....	14
7.1	BARRAGEM PASSA CINCO.....	15
7.1.1	<i>Crista</i>	15
7.1.2	<i>Talude de montante</i>	16
7.1.3	<i>Talude de jusante</i>	16
7.1.4	<i>Reservatório</i>	19
7.1.5	<i>Sistema extravasor</i>	21
7.1.6	<i>Acessos</i>	21
8	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS.....	23
8.1	GEOLOGIA REGIONAL.....	23
8.2	ASPECTOS PEDOLÓGICOS.....	33
8.3	GEOLOGIA LOCAL.....	34
8.4	INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS.....	35
8.4.1	<i>Aluvião (fundação)</i>	36
8.4.2	<i>Aterro (maciço)</i>	36

8.4.2.1	Caracterização Física	36
8.4.2.2	Parâmetros de Resistência	38
9	ESTUDOS GEOTÉCNICOS	46
9.1	ANÁLISES DE ESTABILIDADE.....	46
9.1.1	<i>Sismicidade regional</i>	46
9.1.2	<i>Parâmetros adotados nas análises de estabilidade</i>	53
9.1.3	<i>Crítérios e condições de contorno</i>	53
9.1.4	<i>Seções analisadas</i>	55
9.1.5	<i>Resultados obtidos</i>	55
10	ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS	58
11	CONCLUSÃO	59
	ANEXOS.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).	1
Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).	2
Figura 6.1 – Arranjo Geral da Barragem.	13
Figura 7.1– Aspecto atual da crista da barragem Passa Cinco.	15
Figura 7.2 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021.	17
Figura 7.3 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021. Surgência com carreamento de sólidos (visto água turva observada) possivelmente no contato ombreira direita e barramento.	18
Figura 7.4 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021. Surgência com carreamento de sólidos (visto água turva observada) possivelmente no contato ombreira direita e barramento. Também verifica-se a presença de árvores e bambuzal de grande porte nas ombreiras.	19
Figura 7.5 – Vista do reservatório da barragem de Passa Cinco.	20
Figura 7.6 – Vista do medidor de vazão.	21
Figura 7.7 – Vista do acesso a barragem.	22
Figura 8.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil, que enfatiza os dois subtipos de terrenos pré-cambrianos: os crátons e os sistemas orogênicos brasileiros. Minas Gerais abarca parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasileiros Tocantins e Mantiqueira (Confeccionado com base em Almeida <i>et al.</i> 1981, 2000).	23
Figura 8.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais, que abrange parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasileiros Tocantins e Mantiqueira, além da cobertura de rochas fanerozoicas. O cráton tem o seu substrato mais velho que 1,8 bilhões de anos exposto na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) e é, em sua maior parte, coberto pelo preenchimento da Bacia do São Francisco. O sistema Tocantins é representado na parte	

leste do estado pela Faixa Brasília Meridional, e o Mantiqueira, nas regiões leste e sul do estado, por segmentos do Orógeno Araçuaí e da Faixa Ribeira.	24
Figura 8.3 - a) Modelo digital de terreno da porção mineira do Orógeno Araçuaí e áreas vizinhas com as suas principais feições topográficas. b) Mapa geológico simplificado da mesma porção do orógeno com a representação das principais assembleias litológicas que dele tomam parte. c) Corte geológico representativo da estrutura do orógeno, que consiste em camadas dobradas e seccionadas por falhas de empurrão. (Confeccionadas com base em Pedrosa-Soares et al. 2001 e Alkmim <i>et al.</i> 2007).....	25
Figura 8.4 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas, unidade típica do Orógeno Araçuaí, com as suas formações que antecederam, foram síncronas e sucederam um dos eventos glaciais da Era Neoproterozoica (Confeccionada com base em Kuchenbecker 2015b).	26
Figura 8.5 - Mapa de Geológico do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) para Ponte Nova.....	29
Figura 8.6 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem.	33
Figura 8.7 - Localização dos ensaios Spt's em planta.....	35
Figura 8.8 - Amostra AM-01.	37
Figura 8.9 - Amostra AM-02.	38
Figura 8.10 - Amostra AM-03.	38
Figura 8.11 - Imagem dos corpos de prova AM-01.....	39
Figura 8.12 - Imagem dos corpos de prova AM-02.....	40
Figura 8.13 - Imagem dos corpos de prova AM-03.....	41
Figura 8.14 - Resultado do triaxial da amostra AM-01 (ombreira direita).....	42
Figura 8.15 - Resultado do triaxial da amostra AM-02 (crista).....	43
Figura 8.16 - Resultado do triaxial da amostra AM-03 (ombreira esquerda).....	44

Figura 9.1 - Mapa de sismicidade brasileira com discriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada. 47

Figura 9.2– Mapas de Ameaça Sísmica (“Seismic Hazard Maps”) para aceleração de pico (Peak Ground Acceleration - PGA) em rocha, para probabilidades de 2% de excedência em 50 anos, correspondendo a período de 2475 anos. Extraído de Assumpção et al., (2016)..... 52

Figura 9.3 – Análise Estática – Condição Drenada – Freática Atual – $F_s = 1,10$ 56

Figura 9.4 – Análise Pseudo-Estática – Condição Drenada – Freática Atual – $F_s = 0,94$.
..... 57

1 INTRODUÇÃO

A BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA foi contratada para realizar a avaliação da “**Barragem Passa Cinco**” que é utilizada para a acumulação de água. Esta estrutura está localizada no município de Ponte Nova - MG, próximo as coordenadas UTM 721.000,24 m E/ 7.740.072,50 m S fuso 23 K(Figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização da estrutura (Google Earth, 2021).

Portanto, como parte da avaliação da Barragem Passa Cinco, o presente documento apresenta dados geológicos da área, ensaios realizados para caracterização geológico-geotécnica da estrutura e sua fundação (ensaios laboratoriais e de campo), levantamento topográfico realizado na estrutura e visita técnica de campo. Além disso é apresentado um resumo das informações existentes, que subsidiaram a avaliação da estrutura e sua caracterização.

2 OBJETIVO

Este relatório técnico tem como objetivo relatar os aspectos técnico da estrutura, ensaios realizados para subsidiar as análises de estabilidade.

Todos os dados e informações obtidas através de ensaios laboratoriais e de campo, levantamento topográfico e inspeção técnica de campo, foram avaliados quanto a consistência, validade e qualidade, conforme apresentado nos tópicos a seguir.

3 LOCALIZAÇÃO

A Barragem é constituída por aterro em solo, provavelmente extraído da região de implantação e sua face de jusante é protegida por uma face de concreto. A barragem está localizada na cidade de Ponte Nova – Mg e a, aproximadamente 186 km de Belo Horizonte capital do estado de Minas Gerais. O acesso pode ser realizado por meio de rodovia pavimentada MG-120 e posteriormente pela Avenida Antônio Constantino Trivelato.

A Figura 3.1 mostra o detalhe da localização da estrutura, onde a mesma está inserida em área rural.

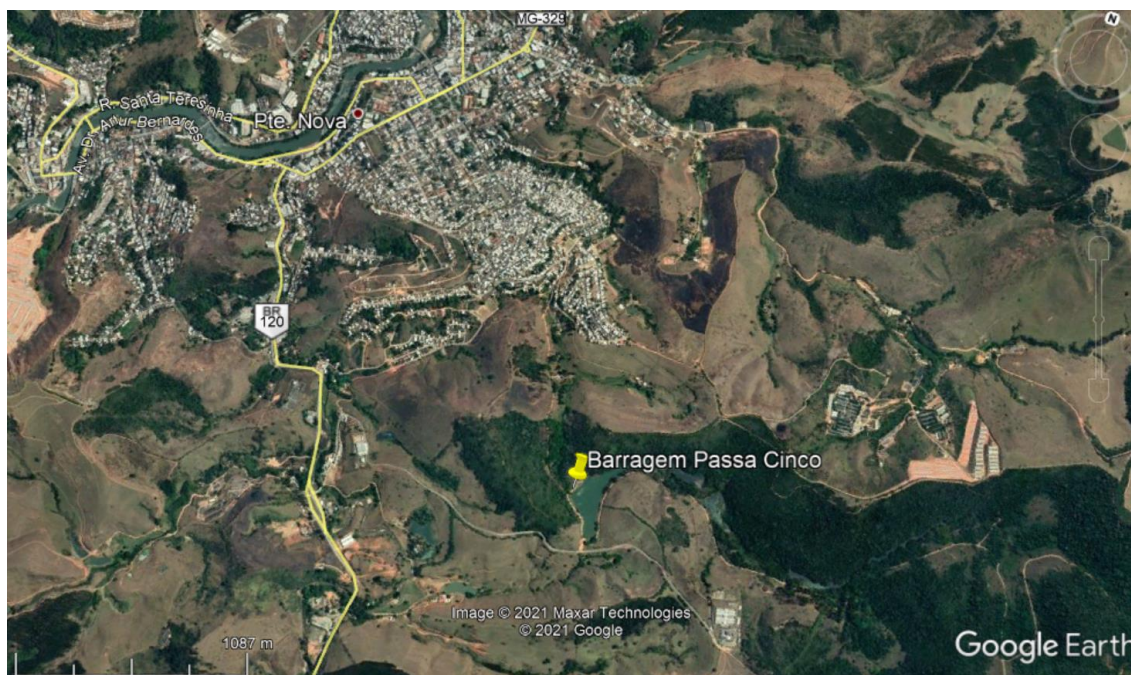


Figura 3.1 - Detalhe da localização da estrutura (Google Earth, 2021).

4 CRITÉRIOS E PREMISSAS DE PROJETO

Para a elaboração da Avaliação da Barragem Passa Cinco, foram consideradas as seguintes premissas:

- Os estudos foram balizados pela NBR 13028/2017 - Mineração - Elaboração e apresentação de projeto para barragens, disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água;
- A base topográfica realizada pela empresa Baruk em maio de 2021 e utilizada para presente Avaliação da Estrutura (nomes dos documentos: BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO.dwg).

Para a elaboração da Avaliação da Barragem Passa Cinco, foram considerados os seguintes critérios:

- O sistema de coordenadas adotado na elaboração do estudo e dos desenhos é o SIRGAS 2000, fuso 23 K;
- A barragem é destinada apenas para acumulação e armazenamento de água para fins recreativo;
- A barragem foi executada com solo e possui sua face a jusante em concreto;
- A caracterização do maciço e da fundação foi baseada nas investigações e nos ensaios de campo e de laboratório;
- Os estudos de Avaliação da estrutura a serem realizados seguirá as seguintes premissas técnicas:
 - O aterro da barragem não é isotrópico, pelo fato de ser compactado, o coeficiente de permeabilidade horizontal é maior que o coeficiente de permeabilidade vertical;
 - O peso específico, os parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) e o coeficiente de permeabilidade dos materiais do maciço da barragem e da fundação foram obtidos a partir de ensaios de laboratório, ou foram estimados conforme os resultados obtidos nas investigações geológico-geotécnicas e nos ensaios de campo realizados;
 - As análises de percolação foram feitas através do *software* Slide2, desenvolvido pela Rocscience. Estas análises objetivaram a obtenção da rede de fluxo e, com isso, a obtenção do nível freático no interior do maciço do barramento;
 - As análises de estabilidade dos taludes da barragem foram realizadas conforme as diretrizes da NBR 13.028 (ABNT, 2017), que estabelece as diretrizes e os requisitos necessários para o projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água para Mineração. Conforme essa norma técnica, os taludes da barragem devem apresentar os Fatores de Segurança – FS's mínimos apresentados na Tabela 4.1, de acordo com a cada fase de projeto/ estrutura. Essas análises

de estabilidade foram realizadas através do *software* Slide2, desenvolvido pela Rocscience, adotando-se o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, e a teoria do equilíbrio limite pelo Método de Bishop.

Tabela 4.1 - Fatores de Segurança Mínimos para Barragens (Fonte: NBR 13.028, 2017)

FASE	TIPO DE RUPTURA	TALUDE	FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1

5 CLASSIFICAÇÃO DA BARRAGEM

De acordo com a Lei Federal nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB destinadas a acumulação de água para quaisquer usos, disposição final ou temporária de rejeitos e acumulação de resíduos industriais, uma estrutura é considerada barragem se apresentar pelo menos uma das seguintes características:

- Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
- Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; e
- Categoria de dano potencial associado – DPA, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Conforme Artigo 5º da Lei Federal n.º 12.334, as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, sendo a Agência Nacional de Águas (ANA) a entidade fiscalizadora das barragens de acumulação de água, exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, para as quais outorgou o direito de uso dos recursos hídricos, estando sob a sua tutela as barragens localizadas em rios de domínio da União. Deste modo, cabe à ANA, para as barragens localizadas em rios federais sob sua jurisdição, a definição dos critérios complementares e o estabelecimento da metodologia de definição dos limites da área potencialmente comprometida por eventual ruptura da barragem.

Nas tabelas a seguir encontram-se detalhadas as características inerentes à Barragem Passa Cinco e os pesos imputados a cada um dos parâmetros de classificação. Conforme pode-se observar, a barragem em estudo apresenta um CRI de 65 sendo classificada como de ALTO risco, e um DPA de 20 tendo seu dano classificado como ALTO.

5.1 CATEGORIA DE RISCO

Conforme Portaria no 70.389/2017, a classificação de estruturas quanto à Categoria de Risco (CRI) é realizada em função das características técnicas, do estado de conservação e do atendimento ao plano de segurança. A seguir, são apresentados os parâmetros de avaliação e o somatório de pontos que resulta na classificação quanto à CRI.

Tabela 5.1 - Características técnicas (CT)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS – CT					
Altura (a)	Comprimento (b)	Tipo de barragem quanto ao material de construção (c)	Tipo de fundação (d)	Idade da barragem (e)	Vazão do projeto (f)
Altura ≤ 15m (0)	Comprimento ≤ 200m (2)	Concreto convencional (1)	Rocha sã (1)	Entre 30 a 50 anos (1)	CMP (Cheia Máxima Provável) ou decamilenar (3)
15m < Altura < 30m (1)	Comprimento > 200m (3)	Alvenaria de pedra/concreto ou ciclópico/concreto rolado CCR (2)	Rocha alterada dura com tratamento (2)	Entre 10 e 30 anos (2)	Milenar (5)
30m ≤ Altura ≤ 60m (2)		Terra homogênea/enrocamento/terra enrocamento (3)	Rocha alterada sem tratamento/rocha alterada fraturada com tratamento (3)	Entre 5 a 10 anos (3)	TR = 500 anos (8)
Altura > 60m (3)			Rocha alterada mole/saprólito/solo compacto (4)	< 5 anos ou > 50 anos ou sem informação (4)	TR < 500 anos ou desconhecida/estudo não confiável (10)
			Solo residual/aluvião (5)		
0	2	3	5	2	10
CT = ∑ (a até f)			22		

Tabela 5.2 - Estado de conservação (EC)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO					
2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC					
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (g)	Confiabilidade das estruturas de adução (h)	Percolação (i)	Deformações e Recalques (j)	Deterioração dos taludes/Paramentos (k)	Eclusa (l)
Estruturas civis e hidroeletrônicas em pleno funcionamento / canais de aproximação ou de restituição ou vertedouro (tipo soleira livre) desobstruídos (0)	Estruturas civis e dispositivos hidroeletrônicos em condições adequadas de manutenção e funcionamento (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Inexistente (0)	Inexistente (0)	Não possui eclusa (0)
Estruturas civis e hidroeletrônicas preparadas para a operação, mas sem fontes de suprimento de energia de emergência / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões ou obstruções, porém sem riscos a estrutura vertente. (4)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e com medidas corretivas em implantação (4)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de arbustos de pequena extensão e impacto nulo (1)	Estruturas civis e hidroeletrônicas bem mantidas e funcionando (1)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e	Existência de trincas e abatimentos de impacto considerável gerando necessidade de estudos adicionais ou	Erosões superficiais, ferragem exposta, crescimento de vegetação generalizada, gerando necessidade de	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados e com medidas

de vazão e com medidas corretivas em implantação / canais ou vertedouro (tipo soleira livre) com erosões e/ou parcialmente obstruídos, com risco de comprometimento da estrutura vertente. (7)	de vazão e sem medidas corretivas (6)	ombreira s sem implantação das medidas corretivas necessárias (5)	monitoramento (5)	monitoramento ou atuação corretiva (5)	corretivas em implantação (2)
Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados, com redução de capacidade de vazão e sem medidas corretivas/ canais ou vertedouro (tipo soleira livre) obstruídos ou com (10)		Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente (8)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos expressivos, com potencial de comprometimento da segurança (8)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança (7)	Estruturas civis comprometidas ou dispositivos hidroeletrônicos com problemas identificados e sem medidas corretivas (4)
4	4	8	0	0	0
EC = \sum (g até l)				16	

Tabela 5.3 - Plano de segurança da barragem (PS)

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO				
3 – PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM – PS				
Documentação de projeto (n)	Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de Segurança da Barragem (o)	Procedimentos de roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento (p)	Regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem (q)	Relatórios de inspeção de segurança com análise e interpretação (r)
Projeto Executivo e “como construído” (0)	Possui estrutura organizacional com técnico responsável pela segurança da barragem (0)	Possui e aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (0)	Sim ou vertedouro tipo soleira livre (0)	Emite regularmente os relatórios (0)
Projeto Executivo ou “como construído” (2)	Possui técnico responsável pela segurança da barragem (4)	Possui e não aplica procedimentos de inspeção e monitoramento (5)	Não (6)	Emite os relatórios sem periodicidade (3)
Projeto básico (4)	Não possui estrutura organizacional e responsável técnico pela segurança da barragem (8)	Não possui e não aplica procedimentos para monitoramento e inspeções (6)		Não emite os relatórios (5)
Anteprojeto ou projeto conceitual (6)				
Não há documentação de projeto (8)				
8	8	6	0	5
PS = ∑ (j até n)			27	

5.2 DANO POTENCIAL ASSOCIADO

Conforme Portaria nº70.389/2017, a classificação da barragem quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) é realizada de acordo com o volume do reservatório, a existência de população a jusante, impactos sociais, econômicos e ambientais. Esses

impactos são verificados através dos parâmetros de avaliação e do somatório de pontos que resulta na classificação por DPA apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto Ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
Pequeno ≤ 5 milhões m ³ (1)	INEXISTENTE (Não existem pessoas permanentes / residentes ou temporárias / transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem não representa área de interesse ambiental, áreas protegidas em legislação específica ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais) (3)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações e serviços de navegação na área afetada por acidente da barragem) (0)
Médio 5 milhões a 75 milhões m ³ (2)	POUCO FREQUENTE (Não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (4)	MUITO SIGNIFICATIVO (área afetada da barragem apresenta interesse ambiental relevante ou protegida em legislação específica) (5)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (4)
Grande 75 milhões a 200 milhões m ³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal, estadual, federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (8)		ALTO (existe grande concentração de instalações residenciais e comerciais, agrícolas, industriais, de infraestrutura e serviços de lazer e turismo na área afetada da barragem ou instalações portuárias ou serviços de navegação) (8)
Muito Grande Vol ≥ 200 milhões m ³ (5)	EXISTENTE (Existem pessoas ocupando permanentemente a área		

Quadro de classificação quanto ao Dano Potencial Associado - DPA			
Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto Ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
	afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (12)		
1	12	3	4
DPA = \sum (a até d)			20

Tabela 5.5 - Classificação para Barragem Passa Cinco

1 - CATEGORIA DE RISCO		Pontos
1.1	Características Técnicas (CT)	22
1.2	Estado de Conservação (EC)	16
1.3	Plano de Segurança de Barragens (PS)	27
Pontuação total (CRI) = CT + EC + PS		65
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		CRI
ALTO		≥ 60 ou $EC^* = 8$(*)
MÉDIO		35 a 60
BAIXO		≤ 35
(*) Pontuação de "8" em qualquer coluna de Estado de Conservação (EC) implica automaticamente CATEGORIA DE RISCO ALTA e necessidade de providências imediatas pelo responsável da barragem.		
2 - DANO POTENCIAL ASSOCIADO		Pontos
2.1	Volume total do reservatório	1
2.2	Existência de População à Jusante	12
2.3	Impacto Ambiental	3
2.4	Impacto Sócio-Econômico	4
Pontuação total (DPA)		20
CLASSIFICAÇÃO DE DANO		
FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO		DPA
ALTO		≥ 16
MÉDIO		$10 < DPA < 16$
BAIXO		≤ 10

6 ARRANJO E GEOMETRIA DA BARRAGEM PASSA CINCO

A Barragem Passa Cinco é construída em solo e sua face do talude de jusante constituída por concreto simples. Desta forma, o arranjo geométrico considerado para a Avaliação da estrutura, foi obtido através do levantamento topográfico realizado na área da estrutura. Os parâmetros dos materiais constituintes do maciço e fundação foram obtidos através de ensaios laboratoriais (caracterização completa, triaxial do tipo CIU e permeabilidade) e de campo (sondagens a percussão – SPT). A estrutura será avaliada através dos fatores de segurança obtidos, se a mesmas atende aos recomendados pela por norma NBR 13.028 (ABNT, 2017).

Desta forma, a estrutura possui as seguintes características:

- Crista com largura de 9,00 metros aproximadamente;
- Talude de jusante sem bermas com inclinação 1,0H:1,0V (45°);
- Cota da soleira do vertedouro identificada 478,00 metros aproximadamente;
- Cota da crista identificada 479,00 metros aproximadamente;

O dispositivo extravasor identificado, não possui geometria definida, pois o mesmo foi escavado de maneira não controlada no próprio terreno natural. Deste modo, é essencial a adequação da estrutura extravasora com geometria definida através de estudos hidrológicos e sua superfície protegida para o correto funcionamento. Neste aspecto, é possível afirmar que a estrutura extravasora existente não está adequada, ou seja, será necessário o correto dimensionamento e posteriormente a sua execução obedecendo o projeto de adequação.

Na Figura 6.1 é apresentado o arranjo geral do maciço principal da Barragem Passa Cinco.

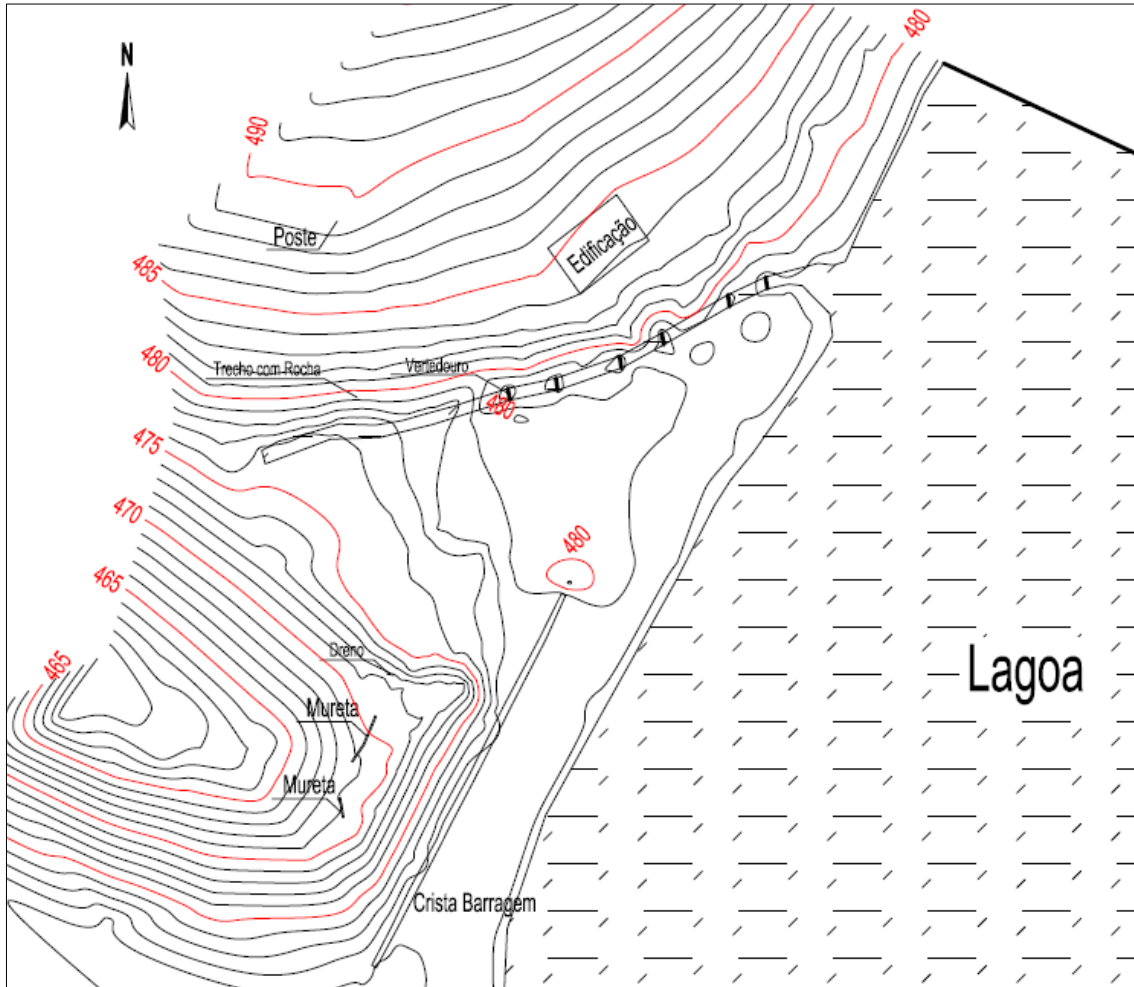


Figura 6.1 – Arranjo Geral da Barragem.

7 CONDIÇÃO ATUAL

Realizou-se inspeções (19/05/2021) nos maciços e estruturas auxiliares com o objetivo de identificar anomalias que apontem para condições de insegurança do sistema frente às solicitações operacionais impostas. Foram identificadas falhas que podem comprometer a segurança estrutural das barragens que compõem o sistema, dentre elas:

- a) Identificou-se um ponto de surgência com aparente carreamento de sólidos, podendo levar ao fenômeno de *piping* e conseqüentemente levar a estrutura ao rompimento

- b) Verificou-se a presença de bambuzais, arbustos e arvores no talude de jusante, que devido sua altura e profundidade de suas raízes, pode trazer danos a estrutura da barragem em caso de incidência de ventos muito fortes além de pontos preferencias de percolação, podendo ocasionar *piping* e ocorrer rompimento da estrutura.

- c) Detectou-se a presença de plantas aquáticas junto ao extravasor, dificultando a passagem de água excedente da barragem.

Neste contexto, apresentam-se as condições atuais de segurança e desempenho operacional da estrutura da barragem Passa Cinco e dos dispositivos a ele associados, com base em inspeções locais, realizadas em maio de 2021 pela equipe técnica da BARUK.

7.1 BARRAGEM PASSA CINCO

7.1.1 CRISTA

Durante as inspeções de campo não foram identificados indícios de abatimentos ou trincas ao longo de toda extensão da crista que por ventura pudessem corroborar com problemas de instabilidade da estrutura, conforme Figura 7.1, a seguir. Em campo observa-se que o revestimento apresenta-se em bom estado de conservação, permitindo o tráfego de veículos, no entanto com necessidade de correção do greide, de modo que ocorra drenagem para montante. Logo, recomenda-se a manutenção rotineira das condições de drenagem evitando-se pontos de empoçamento e/ou concentração de fluxo.

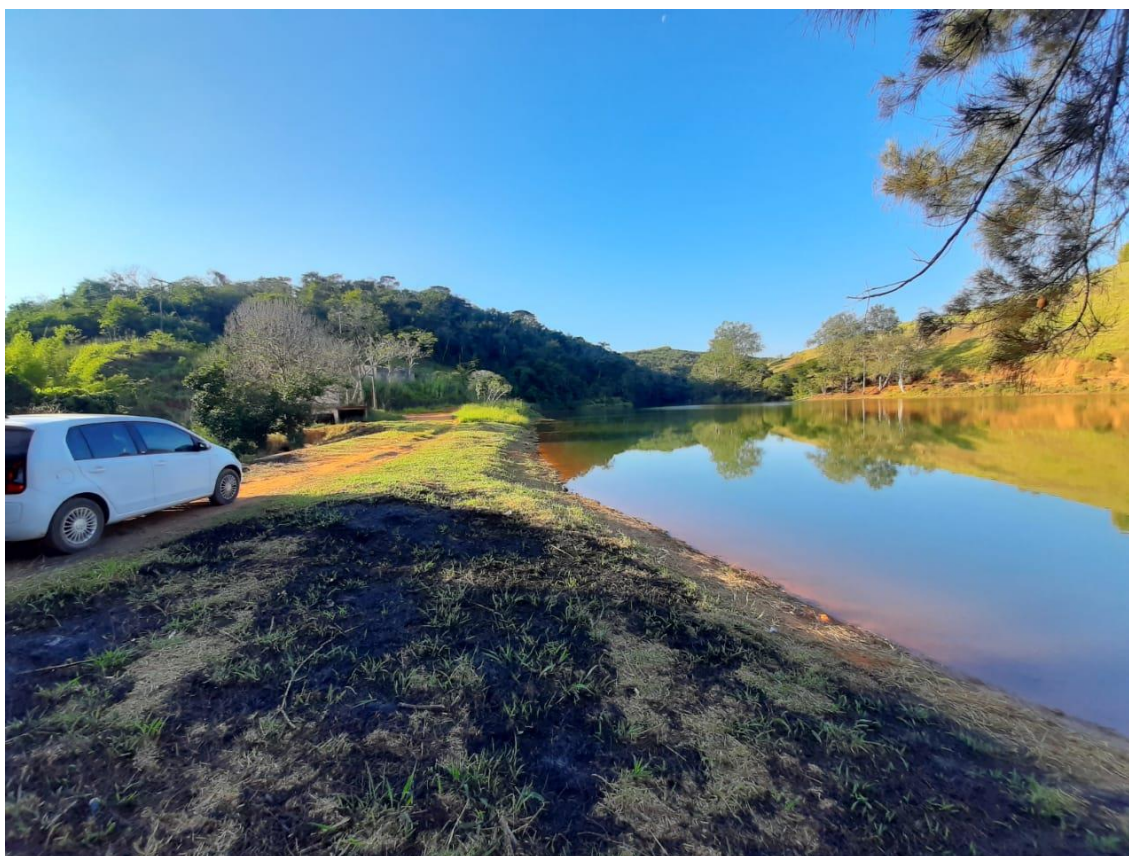


Figura 7.1– Aspecto atual da crista da barragem Passa Cinco.

7.1.2 TALUDE DE MONTANTE

De acordo com as observações da visita, o talude de montante atualmente não apresenta indícios de deformações ou erosão ao longo de toda extensão da barragem.

Conforme apresentado na Figura 7.1 apresentada anteriormente, o reservatório apresenta-se atualmente com nível d'água próximo da capacidade máxima, e por toda a extensão do talude a montante constou-se a presença de vegetação rasteira, para proteção contra à ação das ondas que se formam no reservatório e do escoamento superficial da crista, protegendo o talude de montante contra a processos erosivos. O aspecto em campo apresenta-se em condições satisfatórias não sendo identificado nenhum dano a este revestimento.

7.1.3 TALUDE DE JUSANTE

Durante a inspeção realizada não foram constatados indícios de deformações, abatimentos ou trincas ao longo do talude de jusante do barramento. Porém, é possível identificar um ponto de surgência com aparente carreamento de sólidos, podendo levar ao fenômeno de *piping* e conseqüentemente levar a estrutura ao rompimento, conforme demonstrado nas Figura 7.2 a Figura 7.4.



Figura 7.2 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021.



Figura 7.3 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021. Surgência com carreamento de sólidos (visto água turva observada) possivelmente no contato ombreira direita e barramento.

Observou-se a presença de bambuzal e árvores de grande porte na parte das ombreiras que poderá acarretar danos ao talude em caso de tombamento e aberturas de caminhos preferenciais para percolação de água no talude (Figura 7.4). Reitera-se a recomendação de manutenção de rotina de conservação da estrutura e, adicionalmente, recomenda-se providenciar o corte das árvores, arbustos, bambuzais ou qualquer outra vegetação, além da capina em toda extensão do talude de jusante em uma faixa de 10m a partir da base do talude.



Figura 7.4 – Vista da condição do talude de jusante da barragem Passa Cinco em maio de 2021. Surgência com carreamento de sólidos (visto água turva observada) possivelmente no contato ombreira direita e barramento. Também verifica-se a presença de árvores e bambuzal de grande porte nas ombreiras.

7.1.4 RESERVATÓRIO

O reservatório da barragem Passa Cinco atualmente encontra-se com nível d'água próximo de seu valor máximo (Figura 7.5). Não identificou-se régua liminométrica para monitoramento e controle do nível d'água do reservatório



Figura 7.5 – Vista do reservatório da barragem de Passa Cinco.

7.1.5 SISTEMA EXTRAVASOR

O sistema extravasor da barragem Passa Cinco está localizado na ombreira direita, sem revestimento e não possui geometria definida (Figura 7.6). Não observou-se a presença de medidor de vazão. Observou-se durante a inspeção a presença de vegetação aquática localizado à montante do emboque.



Figura 7.6 – Vista do medidor de vazão.

7.1.6 ACESSOS

O acesso a barragem Passa Cinco encontra-se em condições adequadas de tráfego (Figura 7.7), ocorrendo por meio dos acessos em revestimento primário, devendo ser mantidas em condições de trafegabilidade de veículos e equipamentos sempre que necessário, seja para realizar manutenções e inspeções rotineiras, seja para atendimento a alguma emergência.

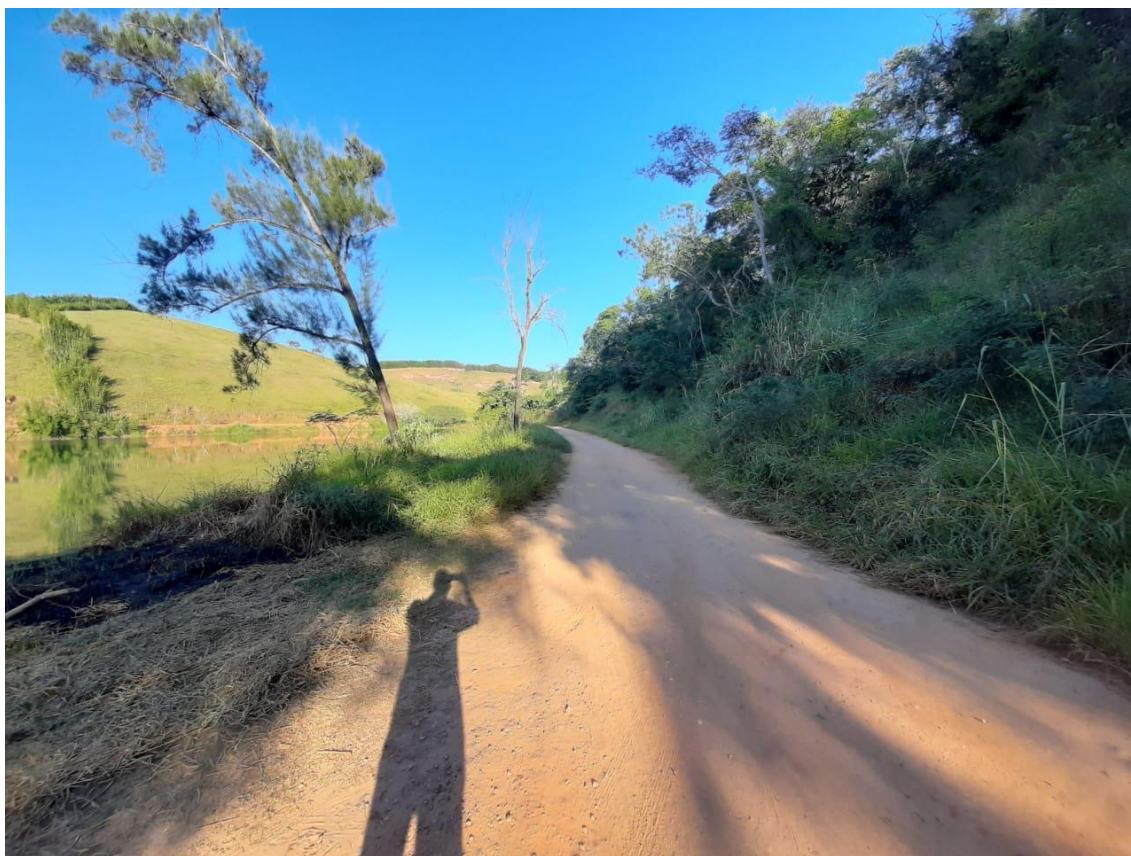


Figura 7.7 – Vista do acesso a barragem.

8 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS

8.1 GEOLOGIA REGIONAL

O sistema orogênico brasileiro representado pela Província Mantiqueira (Brito-Neves *et al.* 1999, Almeida *et al.* 2000) inclui o Orógeno Araçuai como seu setor setentrional, limitado a sul pelo Orógeno Ribeira, e a norte e oeste pelo Cráton do São Francisco (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007; Heilbron *et al.* 2004). A região estudada situa-se no extremo sul do Orógeno Araçuai.

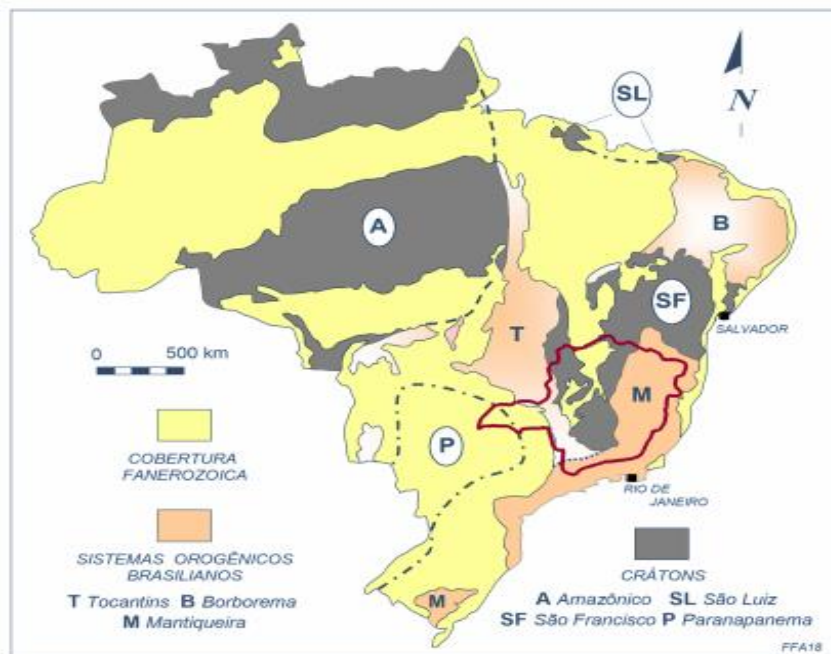


Figura 8.1 - Mapa da constituição geológica geral do Brasil, que enfatiza os dois subtipos de terrenos pré-cambrianos: os crátons e os sistemas orogênicos brasileiros. Minas Gerais abarca parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasileiros Tocantins e Mantiqueira (Confeccionado com base em Almeida *et al.* 1981, 2000).

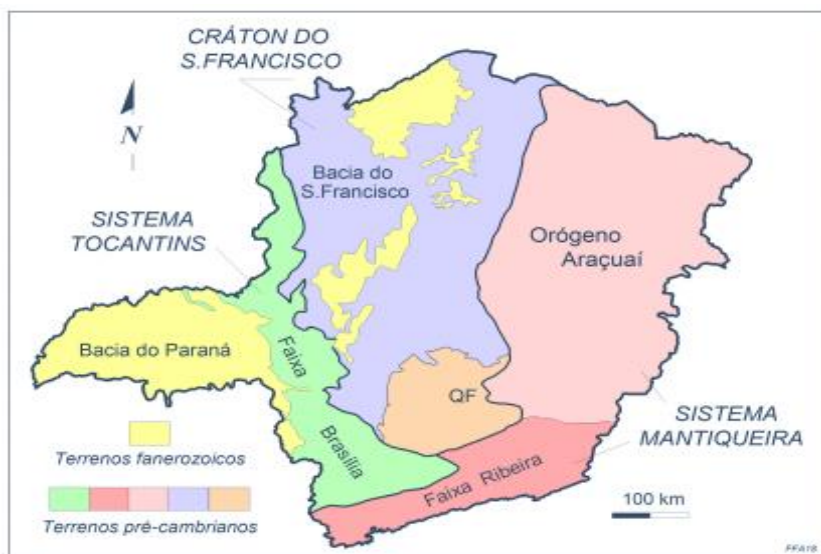


Figura 8.2 - Compartimentação geológica de Minas Gerais, que abrange parte do Cráton do São Francisco e dos sistemas brasileiros Tocantins e Mantiqueira, além da cobertura de rochas fanerozoicas. O cráton tem o seu substrato mais velho que 1,8 bilhões de anos exposto na região do Quadrilátero Ferrífero (QF) e é, em sua maior parte, coberto pelo preenchimento da Bacia do São Francisco. O sistema Tocantins é representado na parte leste do estado pela Faixa Brasília Meridional, e o Mantiqueira, nas regiões leste e sul do estado, por segmentos do Orógeno Araçuaí e da Faixa Ribeira.

O Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007, Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000) abrange a região compreendida entre o Cráton do São Francisco e margem continental leste brasileira (Figura 8.2), ou seja, toda a Serra do Espinhaço meridional e os vales do Rio Doce, Mucuri e Jequitinhonha, nos estados de Minas, Espírito Santo e pequena porção da Bahia. O seu limite sul com a Faixa Ribeira é marcado na altura do paralelo 21° de latitude sul, onde as suas estruturas de orientação geral norte-sul encurvam-se e assumem a direção nordeste. Como parte do grande sistema montanhoso erigido durante Evento Brasileiro, o Orógeno Araçuaí teve o clímax do seu soerguimento atingido entre 580 e 570 milhões de anos (Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

Em função do tipo de rochas envolvidas, o Orógeno Araçuaí é subdividido em dois grandes setores (Alkmim *et al.* 2007). Na sua parte externa, conhecida como Faixa Araçuaí (Almeida 1977, Pedrosa-Soares *et al.* 2007) e localizada ao longo da margem do Cráton do São Francisco, predominam rochas metassedimentares de baixo a médio grau metamórfico, que se organizam no espaço na forma de um típico cinturão orogênico. Na sua parte interna, ou núcleo cristalino, predominam rochas metamórficas de alto grau e

granitos com uma disposição espacial bem mais complexa. Em Minas Gerais, estão localizados o segmento de orientação norte-sul da Faixa Araçuaí e a maior parte da zona granítica do núcleo cristalino (Figura 8.3).

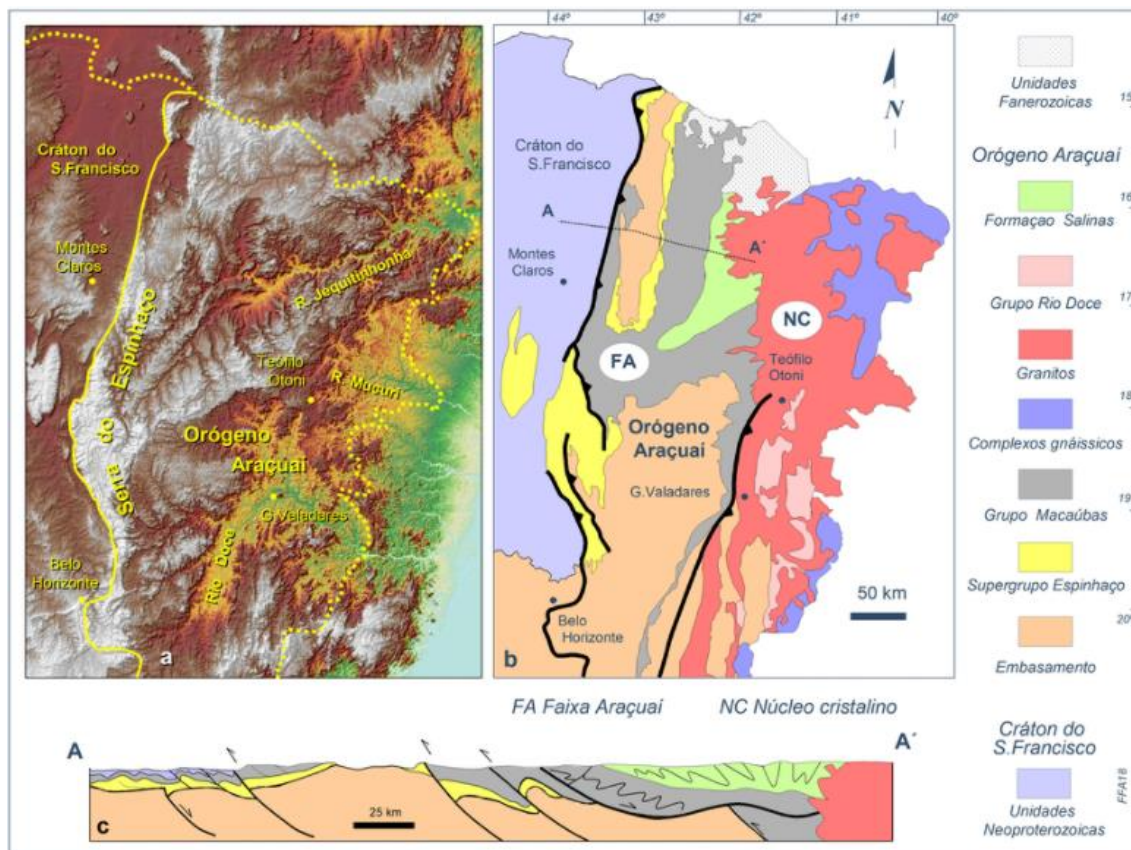


Figura 8.3 - a) Modelo digital de terreno da porção mineira do Orógeno Araçuaí e áreas vizinhas com as suas principais feições topográficas. b) Mapa geológico simplificado da mesma porção do orógeno com a representação das principais assembleias litológicas que dele tomam parte. c) Corte geológico representativo da estrutura do orógeno, que consiste em camadas dobradas e seccionadas por falhas de empurrão. (Confeccionadas com base em Pedrosa-Soares et al. 2001 e Alkmim et al. 2007).

Do Orógeno Araçuaí tomam parte várias assembleias litológicas. A sua unidade típica é o Grupo Macaúbas, constituído por rochas metamórficas formadas a partir de sedimentos acumulados por vários agentes geológicos (Figura 8.4), mas principalmente pela ação de geleiras em uma grande bacia marinha (Uhlein et al. 1999, 2007, Pedrosa-Soares et al. 2007, 2008, Martins et al. 2008, Kuchenbecker et al. 2015b). Dentre estas rochas, tem-se filitos, meta-diamictitos, xistos, quartzitos e formações ferríferas, além de intercalações de camadas de origem vulcânica. A espessura total do grupo deve chegar aos 10.000 m e as idades de suas formações recaem no intervalo de 900 a 620 milhões de

anos. A maioria dos pesquisadores que se dedica ao estudo do Grupo Macaúbas interpretam-no como equivalente em idade à Formação Jequitaiá da Bacia do Francisco e preenchimento de uma bacia sedimentar de margem e interior continental, que, intensamente deformada durante o Evento Brasileiro, deu origem ao Orógeno Araçuai.

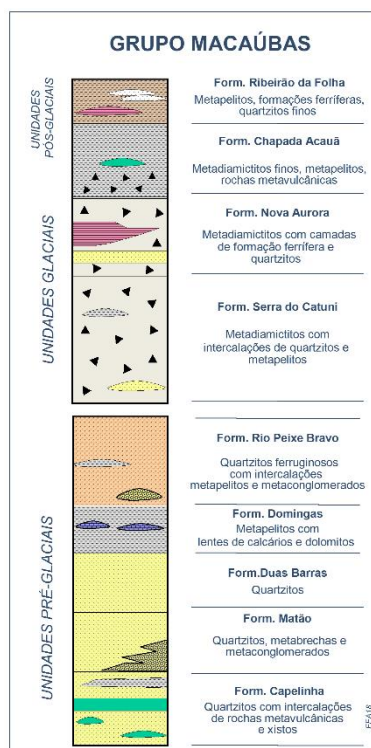


Figura 8.4 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas, unidade típica do Orógeno Araçuai, com as suas formações que antecederam, foram síncronas e sucederam um dos eventos glaciais da Era Neoproterozoica (Confeccionada com base em Kuchenbecker 2015b).

As unidades litológicas mais velhas que o Grupo Macaúbas envolvidas no Orógeno Araçuai são o embasamento, composto por rochas metamórficas e ígneas mais velhas que 1,8 bilhões de anos, e o Supergrupo Espinhaço. Essa unidade, aflorante na serra homônima, abarca uma sucessão de mais de 6.000 m de espessura de rochas metassedimentares e metavulcânicas, depositadas durante uma série de episódios de formação de bacias sedimentares ocorridos entre 1,8 e 0,9 bilhões de anos, ou seja, entre o final da Era paleoproterozoica e durante a Era Mesoproterozoica (Dussin & Dussin 1995, Uhlein et al. 1998, Martins-Neto 1998, Chemale Jr. et al. 2012). Predominam no supergrupo os quartzitos, que se destacam nas paisagens da Serra do Espinhaço, seguidos por filitos e, em menor proporção metaconglomerados e rochas carbonáticas.

As assembleias de rochas mais jovens que o Grupo Macaúbas que igualmente integram o orógeno são as seguintes: i) cinco suítes de rochas graníticas; ii) o Grupo Rio Doce, composto por rochas vulcânicas e sedimentares; iii) associações de rochas metamórficas de alto grau, agrupadas em complexos gnáissicos; iii) a Formação Salinas, que abarca uma sucessão de xistos e meta-arenitos formados durante o processo de soerguimento do orógeno (Lima *et al.* 2002, Pedrosa-Soares *et al.* 2007, 2011). Os granitos, presentes em grande volume no núcleo cristalino do orógeno, são agrupados em supersuítes (G1 a G5), as quais registram os principais estágios de sua evolução. A Supersuíte G1 engloba corpos graníticos formados entre 630 e 580 milhões de anos, no estágio de convergência de placas que antecedeu o processo colisional que deu origem ao orógeno. A esta supersuíte se associam temporal e espacialmente as rochas do Grupo Rio Doce. As supersuítes G2 e G3 foram geradas entre 580 e 540 milhões de anos, no curso do processo colisional, através da fusão de rochas pré-existentes. Já as supersuítes G4 e G5, formaram-se depois de cessada a colisão brasileira, entre 540 e 490 milhões de anos (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

No interior das cadeias de montanhas, sejam elas antigas ou jovens, as camadas presentes encontram-se deformadas em variados graus de intensidade. Caracteristicamente, apresentam-se dobradas e cortadas por falhas, ao longo das quais grandes volumes de rochas são empurrados em um sentido preferencial. O Orógeno Araçuaí não foge a esta regra. Os elementos principais da sua arquitetura são dobras e falhas de empurrão de orientação geral norte-sul, as quais refletem seu soerguimento em associação com a movimentação geral da massa rochosa em direção a oeste, isto é, em direção ao Cráton do São Francisco (Alkmim *et al.* 2007, Figura 10c).

O Orógeno Araçuaí é conhecido por suas jazidas e ocorrências de gemas. Diamantes extraídos de aluviões e metaconglomerados da Serra do Espinhaço, no alto Jequitinhonha (região da cidade de Diamantina) tornaram do Brasil o maior produtor mundial desta gema desde o princípio do século XVIII até meados do século XIX, quando África do Sul começou também a produzi-la. O famoso Distrito Diamantino de Minas Gerais persistiu ainda como importante produtor mundial até os anos 1980. Além dos diamantes, o Orógeno Araçuaí foi aquinhoado com vários depósitos de berilo

(esmeraldas, águas marinhas) e turmalinas, todos eles associados aos granitos abundantes no seu núcleo cristalino. O orógeno hospeda também importantes jazidas de grafita e ocorrências de minério de ferro (Dardenne & Schobbenhaus 2003, 2001, Pedrosa-Soares *et al.* 2011).

Na área coberta pela folha Ponte Nova (parcial do mapa representado na Figura 8.5 são individualizados, como conjuntos maiores, as unidades do embasamento paleoproterozóico (complexos Mantiqueira e Juiz de Fora) e sua cobertura neoproterozóica (grupos Andrelândia e Dom Silvério). Além disto, ocorrem rochas metamáficas (Santo Antônio do Grama), ultramáficas (Córrego do Pimenta), graníticas (Corpo Serra dos Vieiras) e pegmatíticas (Suíte Paula Cândido), todas neoproterozóicas, e unidades litológicas formadas por hidrotermalismo em zonas de cisalhamento, diques máficos mesozóicos e aluviões recentes. Uma síntese das descrições dessas unidades encontra-se na Tabela 9.3.

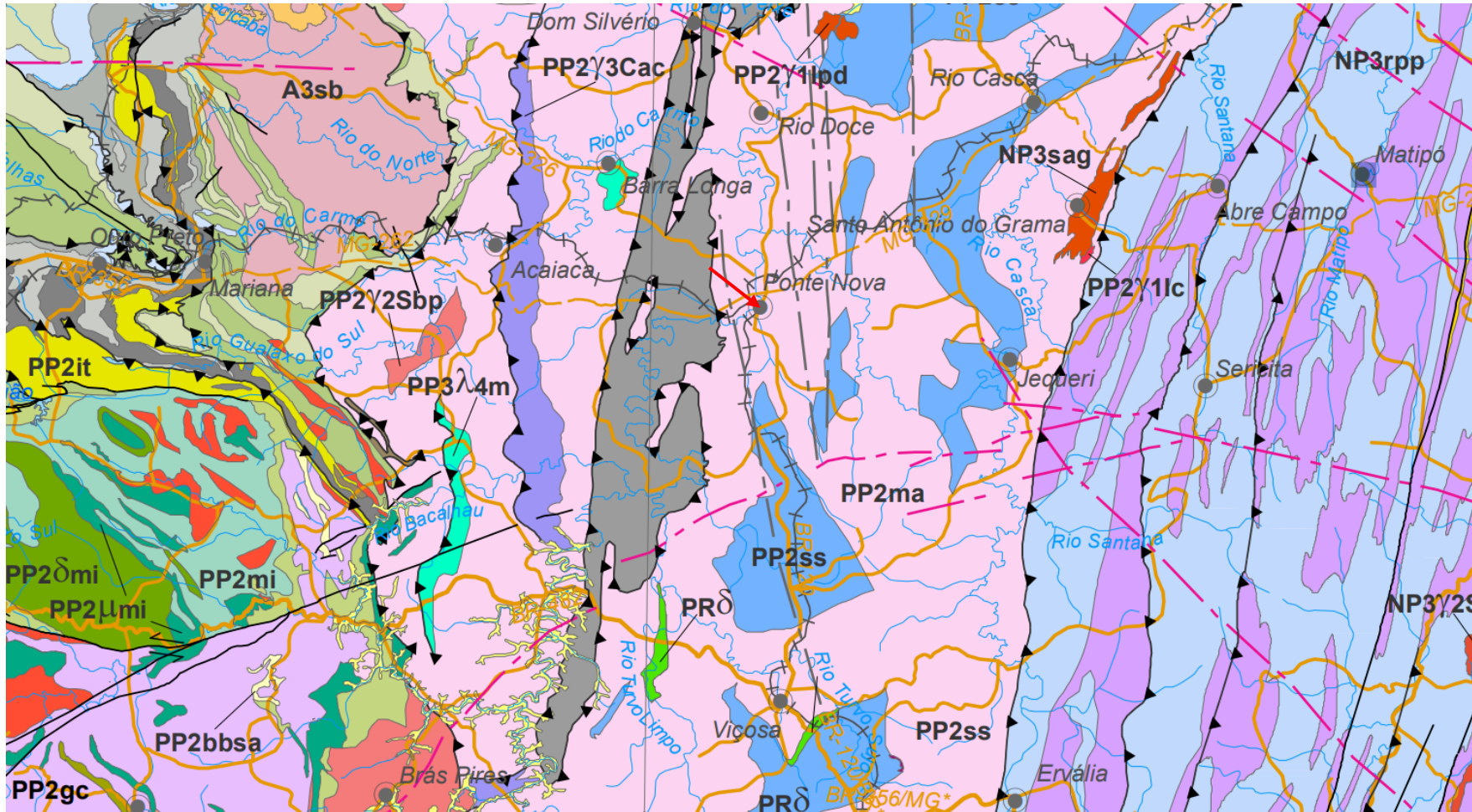


Figura 8.5 - Mapa de Geológico do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) para Ponte Nova.

Tabela 8.1 - Resumo das características macroscópicas e microscópicas das principais rochas encontradas na região de Ponte Nova.

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
Diques Máficos	Diabásio composto por Pl+Cpx, sem vestígio de metamorfismo, mostrando textura do tipo intergranular.	-
Hidrotermalitos	O hidrotermalito quartzoso é composto basicamente por quartzo, com micas e/ou feldspatos como acessórios. O hidrotermalito ferruginoso compõe-se essencialmente de quartzo e magnetita/hematita.	-
Suíte Pegmatítica Paula Cândido	Pegmatitos compostos essencialmente por Qz+Kfp+Msc+Bt±Tur.	-
Corpo Serra dos Vieiras	Esses (meta) granitóides, compostos essencialmente pela paragênese Qz+Mc+Pl±Grt±Bt, exibem microestrutura milonítica, com minerais félsicos, alongados, definindo a foliação da rocha. Comumente apresentam a textura inequigranular porfiroclástica, com cristais maiores de Pl, Mc e Qz imersos em uma matriz cominuída fina.	Recristalização sob F.Anfibolito
Ortoanfibolito Santo Antônio do Grama	A mineralogia principal desses metabasitos resume-se a Hbl+Pl+Cpx+Ttn. Com granulação predominantemente média e microestrutura granonematoblástica, os anfibolitos SAG apresentam feições de recristalização, observadas em cristais de Pl com extinção ondulante, subgrãos, e contatos retilíneos a interlobados. O Pl, levemente saussuritizado, exhibe maclas polissintéticas acunhadas, e, com menor frequência, difusas. Além da saussuritização, tem-se a alteração dos Px por uralitização; e os minerais acessórios mais comuns são Opq e Ap	F. Anfibolito
Grupo Andrelândia	O litotipo predominante nessa unidade é um paragnaisse granatífero de microestrutura granoblástica a lepidoblástica, cujos cristais apresentam granulação variando entre fina e média. Em termos de composição mineralógica, essas rochas se resumem à associação mineral Pl+Qz+Grt+Bt±Kfp±Opx±Sil. Nos minerais félsicos, podem ser observadas situações de recristalização moderada a intensa, com extinção ondulante, formação de subgrãos, e contatos intercristalinos interlobados a suturados; sendo possível, localmente, observar microestruturas núcleo-manto. Os cristais de Pl, levemente sericitizados,	F. Anfibolito a Granulito

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
	apresentam maclas difusas e/ou acunhadas; e o Kfp, quando presente, altera-se para caulinita. Os minerais acessórios mais comuns são Opq e Ap.	
Grupo Dom Silvério	O biotita-quartzo xisto descrito do Grupo Dom Silvério é constituído pela assembléia mineral Qz+Bt+Pl±Mc. Texturalmente, essa rocha apresenta granulação variando de fina a média; e, em termos de microestrutura, pode ser caracterizadas como granolepidoblástica. A foliação, definida pela Bt, pode apresentar-se dobrada; e sutis feições de recristalização são observadas apenas no Qz, no qual extinção ondulante e subgrãos podem estar presentes, simultaneamente ou separadamente. As maclas do Pl e da Mc podem apresentar-se difusas, acunhadas ou ausentes; e a biotita, levemente cloritizada. Quanto a minerais acessórios, tem-se Opq e Zrn. O hornblenda xisto é composto por Hbl+Pl±Bt±Qz, e seus cristais, de granulação fina a média, estão dispostos segundo a microestrutura nematoblástica. Cristais de Pl, deformados, podem se apresentar maclados de maneira difusa e exibir bordas albitizadas. Os contatos intergranulares nessa rocha são predominantemente retilíneos e os processos de recristalização mostram-se pouco intensos, com extinção ondulante e subgrãos, localmente visíveis no Pl. Estão ainda presentes a seritica como produto de alteração do Pl, e os minerais acessórios Opq, Ttn, e Zrn.	F. Anfibolito
Complexo Mantiqueira	Os ortognaisses do Complexo Mantiqueira, constituídos pela associação mineral Pl+Mc+Qz+Bt, apresentam cristais de granulação fina a média, e comumente exibem a microestrutura granolepidoblástica, com foliação gnáissica bem definida pela Bt. Maclas difusas e/ou acunhadas são frequentes nos cristais de Pl, cujas bordas podem mostrar-se albitizadas. Contatos interlobados a amebóides, e subgrãos caracterizam os cristais de Pl e Qz, levemente recristalizados; sendo que, nesse último, é ainda observado o fenômeno da extinção ondulante. Quanto a processos de alteração, tem-se sericirização do Pl e alteração de Hbl para Bt. Opq e Ap são os acessórios mais comuns nessas rochas. Os anfibolitos pertencentes a essa unidade são compostos essencialmente por Hbl+Pl+Ttn+Bt e apresentam microestrutura nematoblástica, com cristais de granulação predominantemente fina. A	F. Anfibolito

UNIDADE	DESCRIÇÃO GERAL	GRAU METAMÓRFICO
	<p>recristalização dos minerais félsicos é muito sutil, podendo ser observados, por vezes, extinção ondulante e subgrãos, coexistindo com contatos intergranulares predominantemente retilíneos. Os cristais de Pl apresentam-se maclados de maneira difusa e afetados pelo processo de sericitização. Opq, Qz, Zrn e Ap são acessórios comumente observados. Granada anfíbolitos também ocorrem e são compostos pela associação Hbl+Cpx+Pl+Grt.</p>	
<p>Complexo Juiz de Fora</p>	<p>Os ortognaisses do Complexo Juiz de Fora, de típica coloração verde escura, podem ser representados pela associação mineral Pl+Cpx+Qz+Opx, com Hbl e Bt retrometamórficas. Com textura inequigranular seriada, e granulação predominantemente média, esses gnaisses são mais comuns em sua forma granoblástica, podendo apresentar, subordinadamente, as microestruturas nematoblástica e lepidoblástica. O bandamento gnáissico mostra-se comumente visível em lâmina delgada, devido a suas dimensões centimétricas; e os processos de recristalização encontram-se evidentes em cristais de Pl e Qz, com contatos interlobados a serrilhados, extinção ondulante, e formação de subgrãos. Por ação da deformação, as maclas dos cristais de Pl apresentam-se difusas e/ou acunhadas, e a foliação gnáissica, quando presente, se mostra dobrada. Os acessórios mais comuns são Opq, Ttn, Ap e Zrn; e os processos de alteração são a uralitização do Px, e a transformação de Hbl em Bt. Os granulitos máficos do Complexo Juiz de Fora, encaixados nos ortognaisses enderbíticos típicos dessa unidade, são constituídos pela associação Pl+Hbl+Cpx+Opx+Grt. Com granulação fina a média e microestrutura predominantemente granoblástica, essas rochas contêm cristais de Pl com maclas difusas e contatos predominantemente retilíneos, apresentando evidências de recristalização tais como extinção ondulante e formação de subgrãos. A uralitização do Px e a sericitização do Pl encontram-se presentes enquanto processos de alteração, e os minerais acessórios resumem-se a Opq, Zrn e Ap. O granulito ultramáfico é porfiroblástico e composto por Opx+Cpx+Anf+Hy+Cl.</p>	<p>F. Granulito</p>

8.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

O mapa (Figura 8.6) foi desenvolvido pela Fundação Estadual de Meio Ambiente em parcerias com instituições de ensino superior de Minas Gerais, e traz um estudo aprofundado detalhando os tipos de solos encontrados em todo estado de Minas Gerais, bem como na região onde se localiza a barragem em questão.

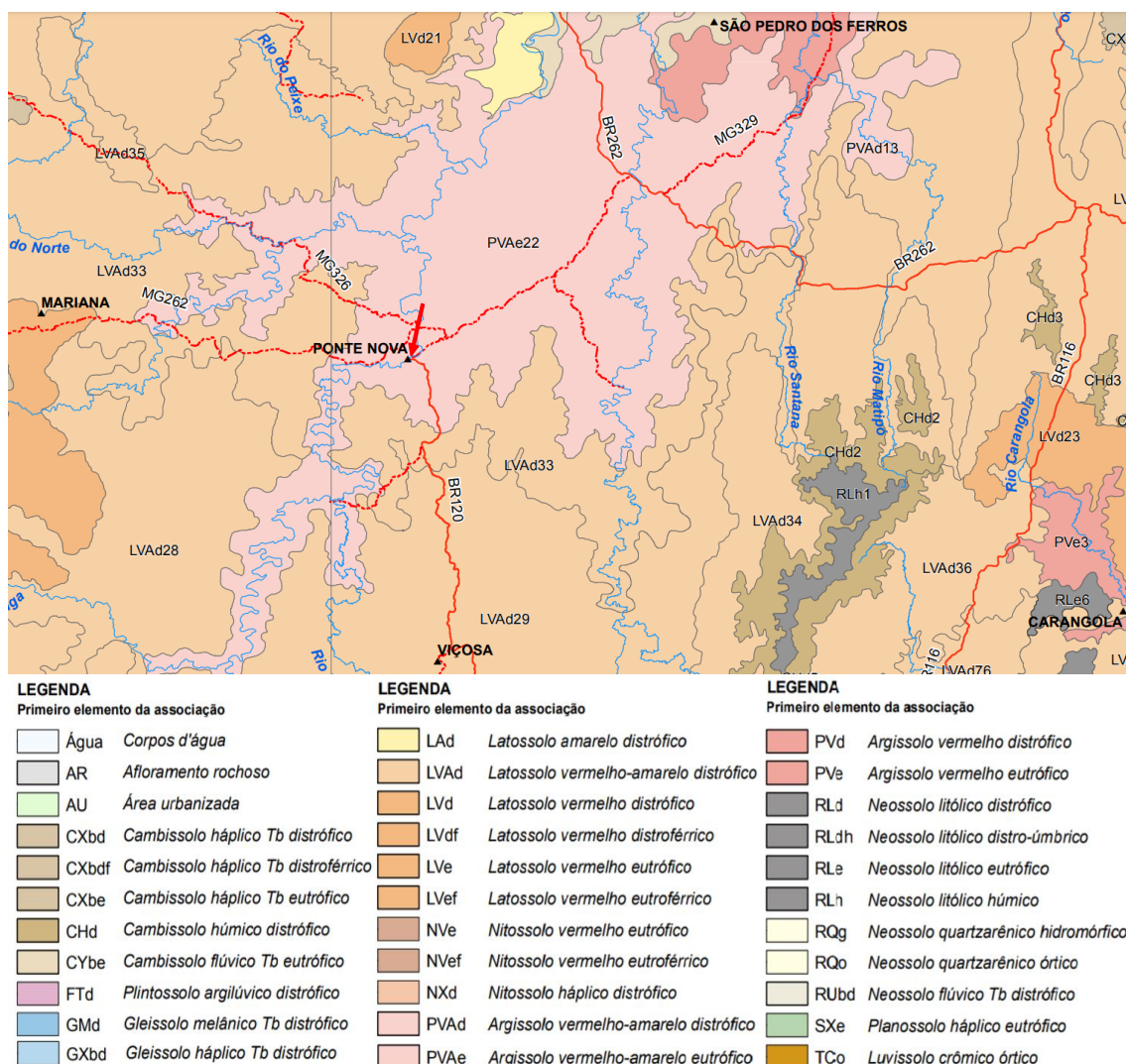


Figura 8.6 - Mapa de solos do Estado de Minas Gerais, destaque (seta vermelha) barragem.

Com base nos dados analíticos e demonstrados no mapa da Figura, identificou-se o Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (PVAe22) conforme os requisitos preconizados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa,

ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter aluminico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para ser enquadrado nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual. Os Argissolos são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São de forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente cauliníticos e com relação molecular Ki, em geral, variando de 1,0 a 3,3.

8.3 GEOLOGIA LOCAL

A geologia local é formada por solo composto por materiais argilosos com coloração variando entre amarela, cinza e marrom, com consistência de mole a rija, como demonstra os furos de sondagens realizadas na região do barramento. A Tabela 8.2 e Figura 8.7 mostra os Spt's realizados na região e a sua localização e profundidade.

Os Spt's realizados na região apresentou valores de NSPT's baixos variando de 4 a 14 golpes por camada.

Tabela 8.2 - Informações dos ensaios Spt's realizados

VÉRTICES DOS FUROS DE SONDAJENS			
FUROS DE SPT	COORD. E(X)	COORD. N(Y)	PROFUNDIDADE
SP-01	721.004,03	7.740.059,01	10,45
SP-02	721.011,31	7.740.073,57	10,45
SP-03	720.997,79	7.740.077,07	2,54
SP-04	720.992,03	7.740.064,07	2,55

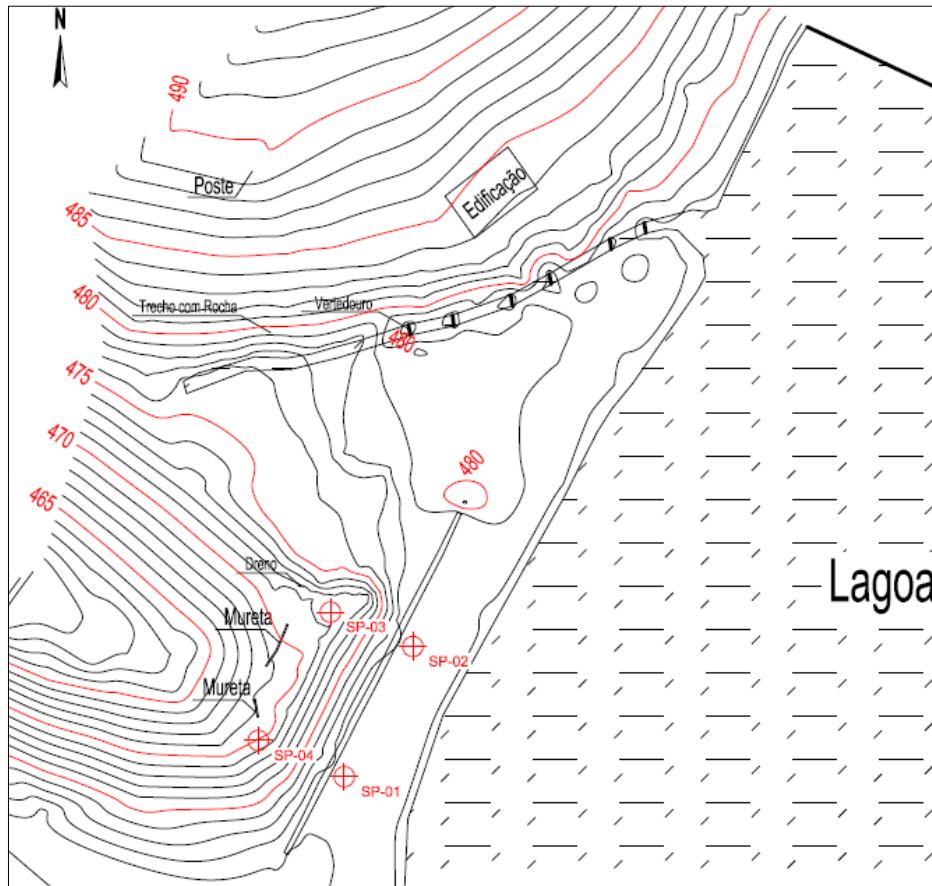


Figura 8.7 - Localização dos ensaios Spt's em planta.

8.4 INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICO GEOTÉCNICAS

Para o desenvolvimento da Avaliação da Barragem Passa Cinco, foram realizados ensaios em campo e laboratório para dar suporte ao estudo de estabilidade.

Foram coletadas três (3) amostras indeformadas do tipo bloco, as amostras são nomeadas por AM-01 (ombreira direita), AM-02 (crista) e AM-03 (ombreira esquerda). Os ensaios laboratoriais realizados foram o triaxial do tipo CIU (nas tensões de 75, 150 e 300 Kpa), caracterização completa (limites de atterberg, granulometria completa e massa específica dos grãos) e ensaio de permeabilidade a carga variável.

O ensaio de campo realizado, foi o ensaio de sondagem à percussão (*Standard Penetration Test - Spt*). Foram realizados 4 pontos deste ensaio, ou seja, o SP-01 e SP-02 na crista e SP-03 e SP-04 no pé da barragem.

8.4.1 ALUVIÃO (FUNDAÇÃO)

Esta unidade se refere ao material presente na fundação da barragem. Não foram coletadas amostras deste material e, deste modo os parâmetros do material foram determinados com base em correlação com NSPT. Foram testadas diferentes metodologias e os resultados obtidos apresentados na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 - Ângulo de atrito efetivo em função do NSPT,70 – Aterro a jusante

Parâmetros Estatísticos	ÂNGULO DE ATRITO (ϕ') EM FUNÇÃO DO NSPT							
	Lambe & Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka & Uchida, 1996	Teixeira & Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009	(ϕ') mínimo
Média	<28	29	29	32	26	26	28	26
Mediana	<28	29	29	32	26	26	28	26
Mín	<28	29	29	31	26	26	27	26
Máx	28	30	29	33	28	27	29	28
Moda	<28	29	29	33	26	26	29	26

Conforme pode ser observado, os valores do ângulo de atrito, obtido tanto nas correlações com NSPT indicam ângulo de atrito da ordem de 26°.

8.4.2 ATERRO (MACIÇO)

Para o aterro, foram realizados ensaios Spt's pela empresa Viçosa Fundações e Sondagens LTDA e foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIU, permeabilidade a carga variável, além da caracterização completa pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

8.4.2.1 Caracterização Física

Neste material foram coletadas amostras indeformadas do tipo bloco. Nestas amostras foram realizados ensaios de caracterização (granulometria completa, massa específica dos sólidos, peso específico, limites de consistência) além de ensaios de resistência ao cisalhamento triaxial do tipo CIUsat e permeabilidade com carga variável. Na Tabela 8.4 é apresentado um resumo dos resultados dos referidos ensaios.

Conforme apresentado na Tabela 8.4, a amostra obtida tem textura granular (31,5% a 44,1 de pedregulhos e areia). A fração argila é elevada (acima 45%), com característica plástica. O peso específico dos grãos é de aproximadamente 2,7 g/cm³.

Tabela 8.4 – Resumo dos resultados de caracterização

Amostra	γ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Permeabilidade k (cm/s)	Granulometria (%)			
						Pedr.	Areia	Silte	Arg
AM-02 (Ombreira Direita)	2,75	58	33	25	5,2 x 10 ⁻⁴	1,1	33,0	11,9	54,0
AM-01 (Ombreira Direita)	2,72	45	27	18	1,6 x 10 ⁻³	1,6	42,5	10,9	45,0
AM-03 (Ombreira Esquerda)	2,73	57	36	21	5,96 x 10 ⁻⁵	1,1	30,5	13,3	55,0

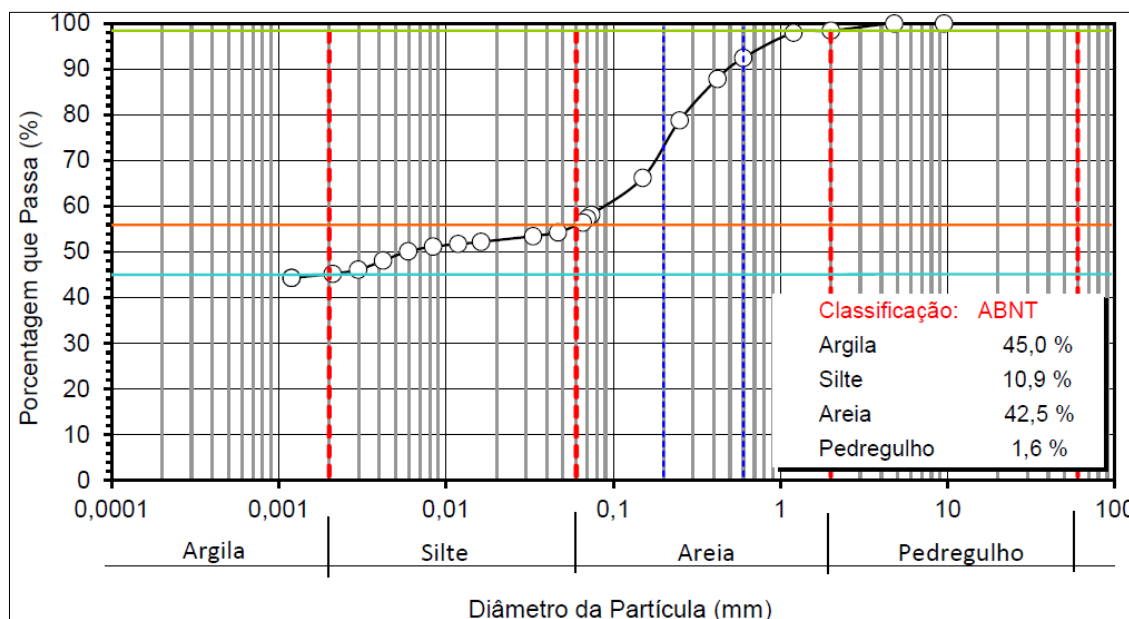


Figura 8.8 - Amostra AM-01.

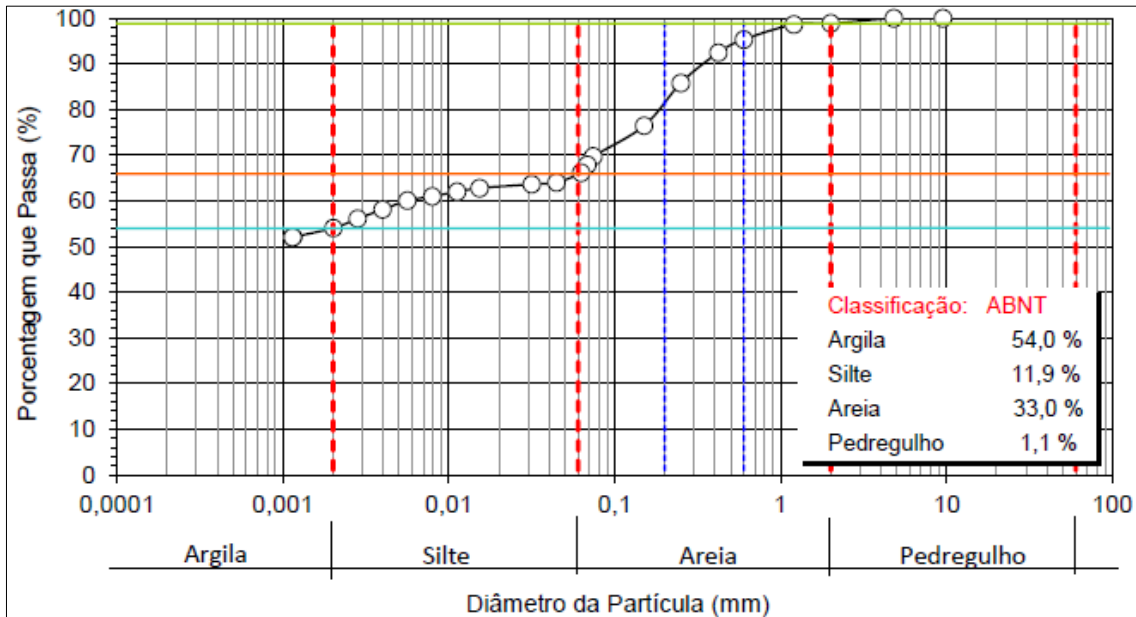


Figura 8.9 - Amostra AM-02.

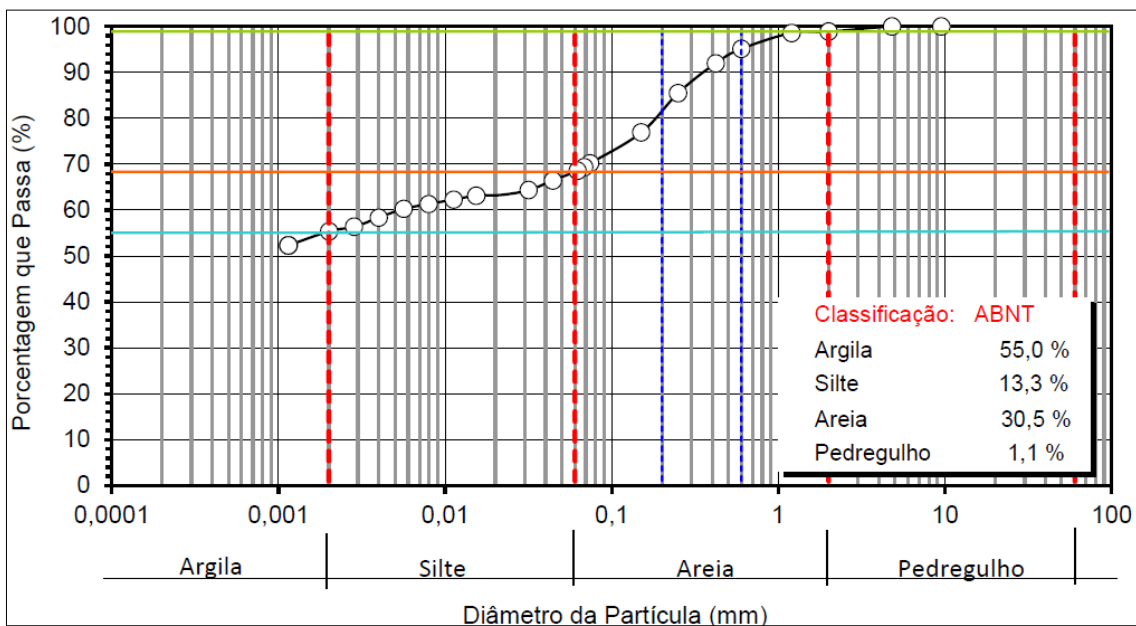


Figura 8.10 - Amostra AM-03.

8.4.2.2 Parâmetros de Resistência

Foram realizados ensaios triaxiais do tipo CIUsat em três amostra coletada na crista e ombreiras, AM-01, AM-02 e AM-03. Os resultados são apresentados nas Figura 8.14, Figura 8.15 e Figura 8.16.

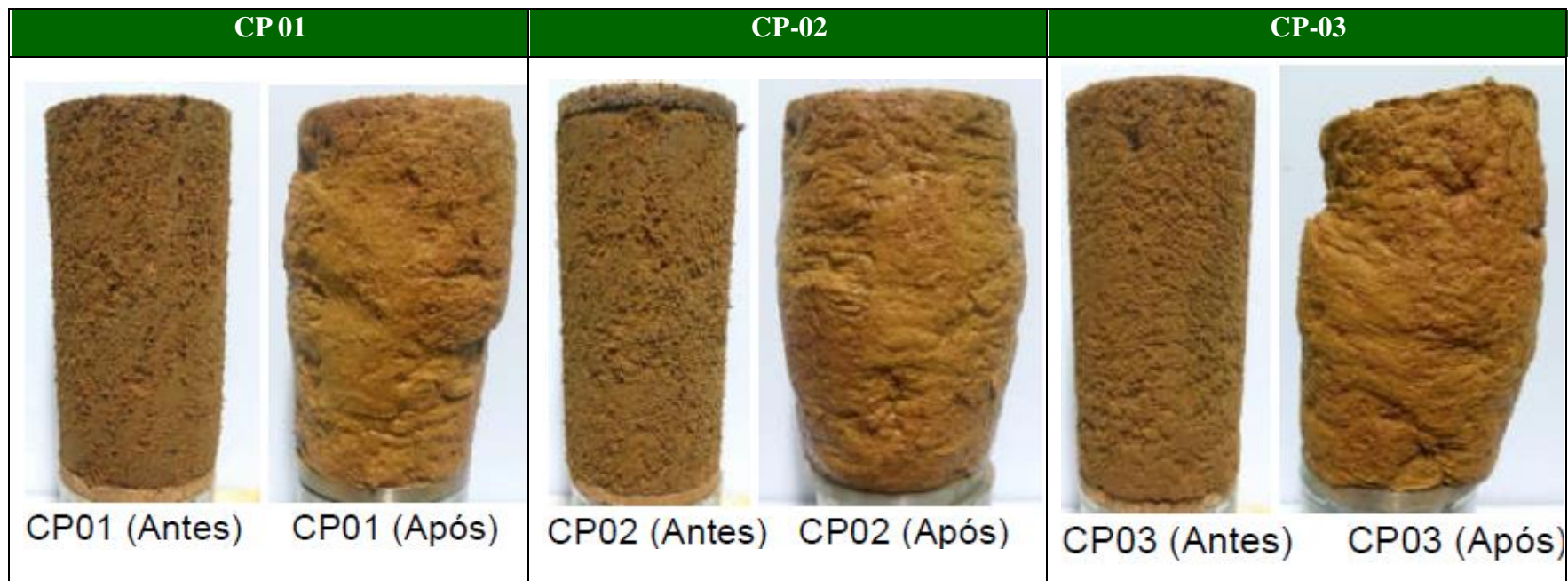


Figura 8.11 - Imagem dos corpos de prova AM-01.

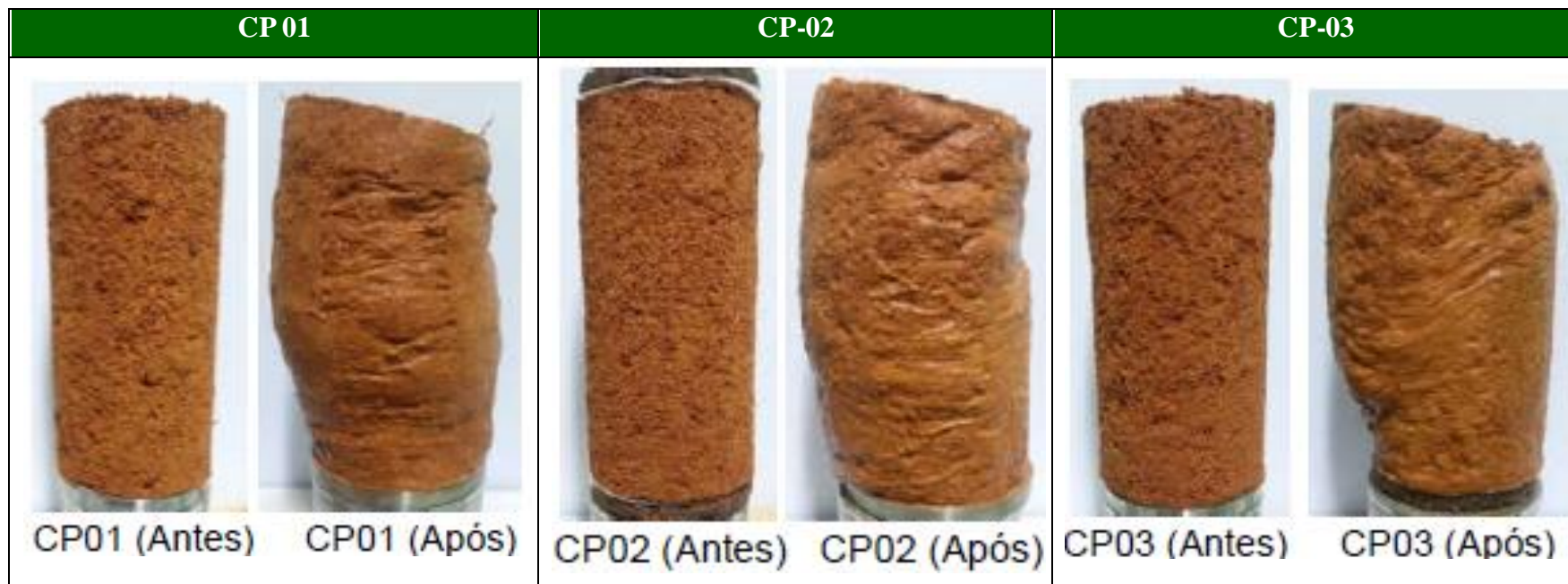


Figura 8.12 - Imagem dos corpos de prova AM-02.

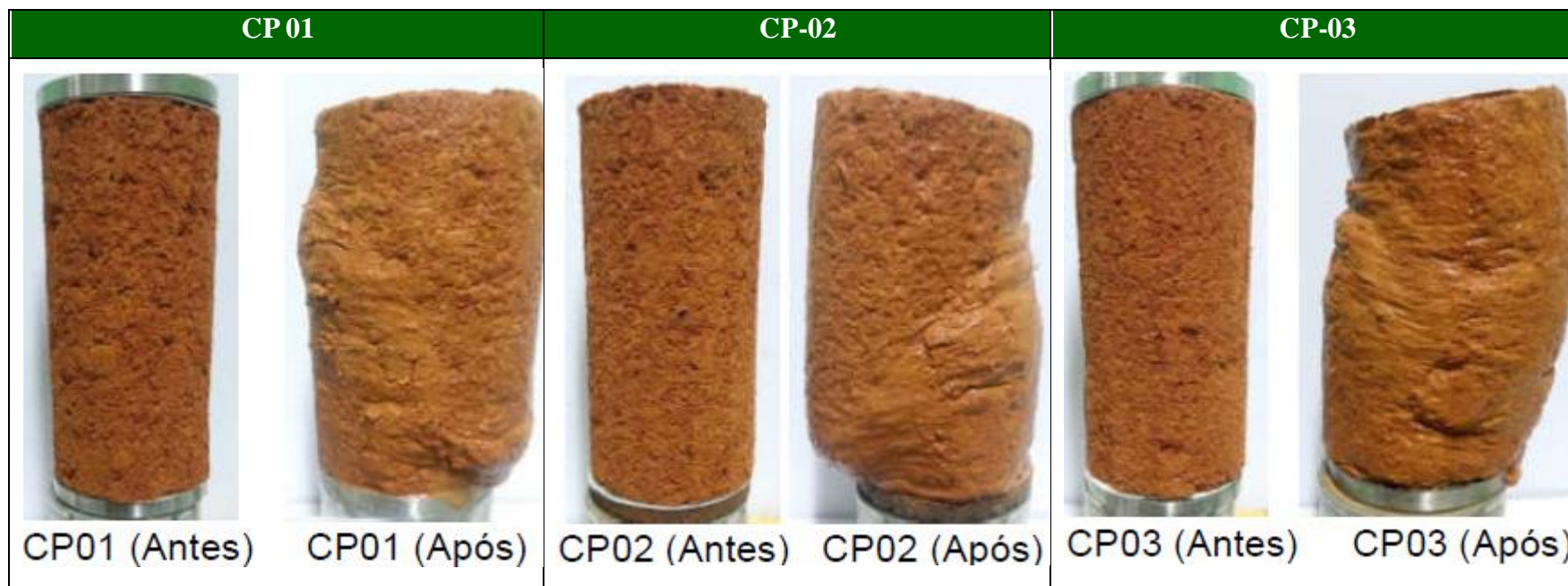


Figura 8.13 - Imagem dos corpos de prova AM-03.

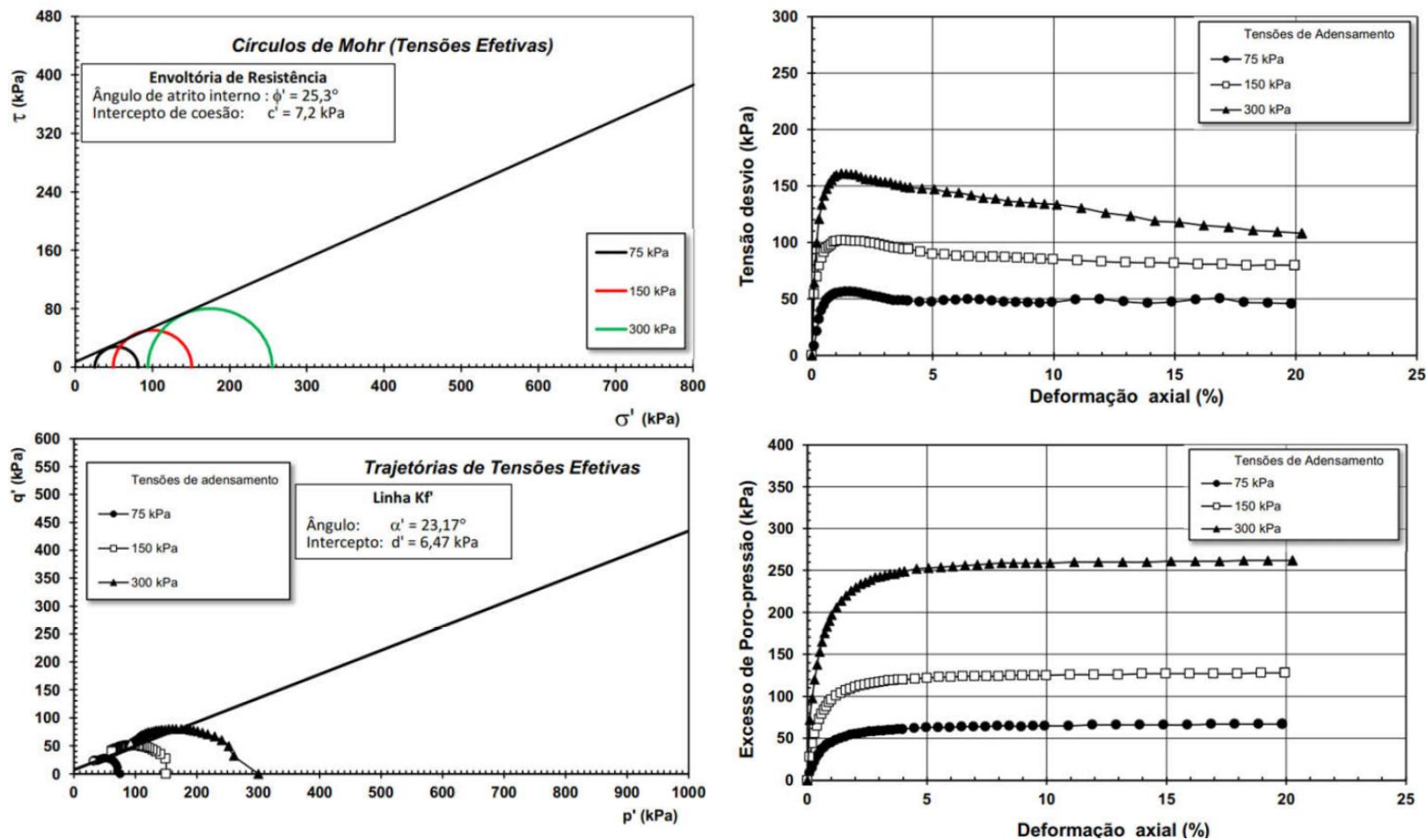


Figura 8.14 - Resultado do triaxial da amostra AM-01 (ombreira direita).

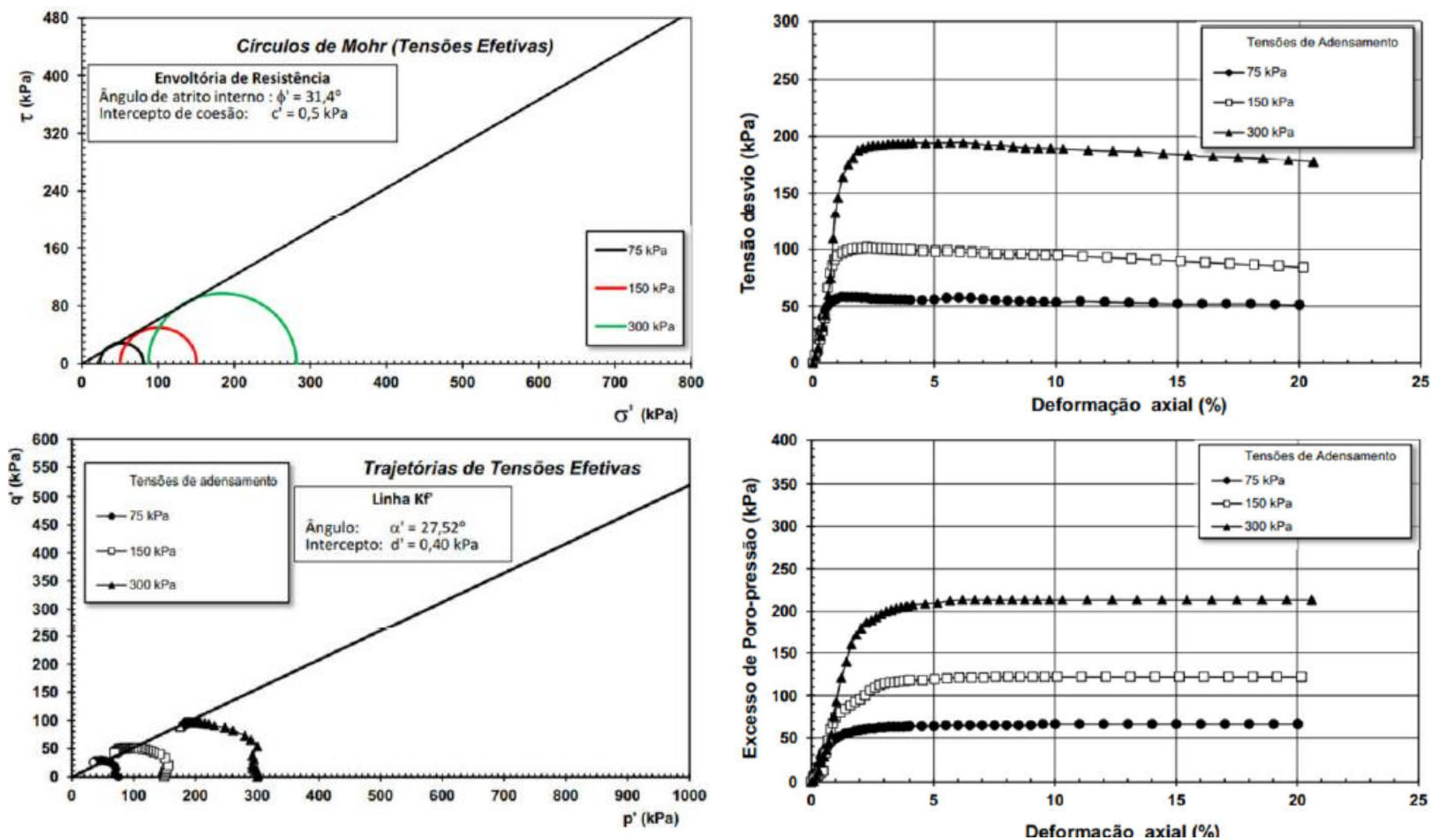


Figura 8.15 - Resultado do triaxial da amostra AM-02 (crista).

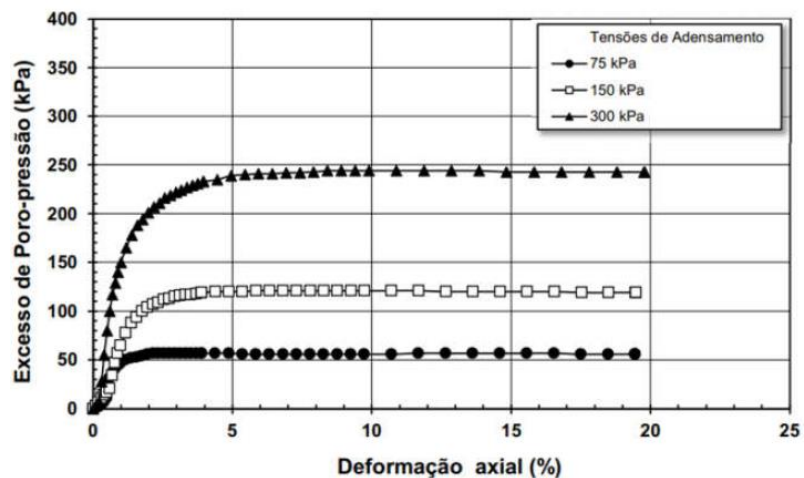
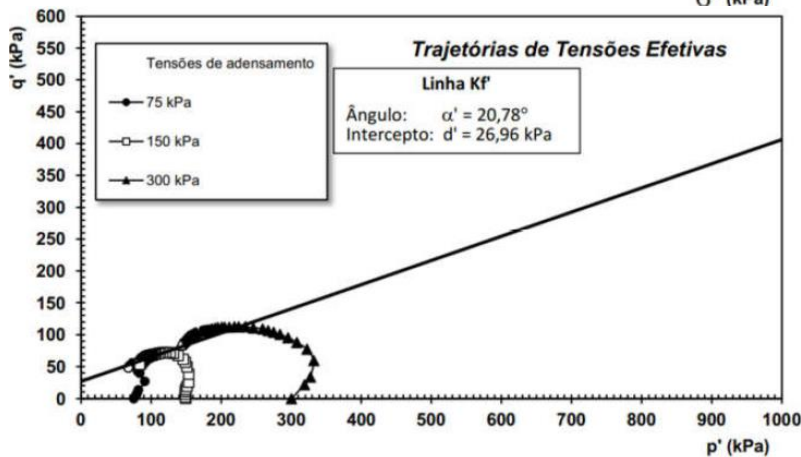
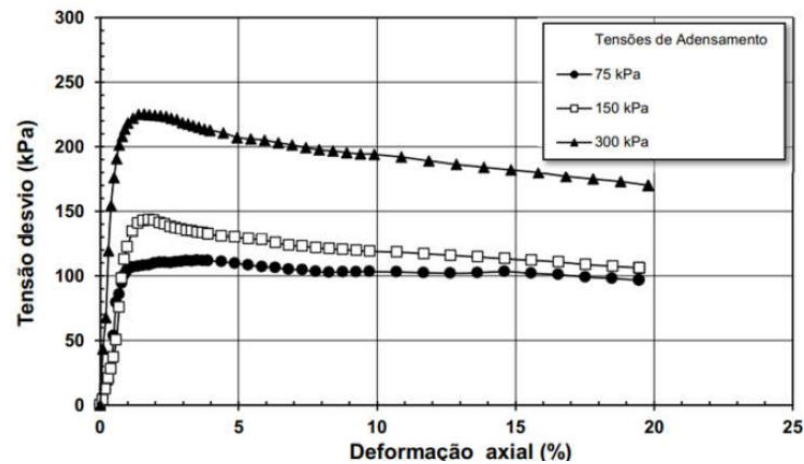
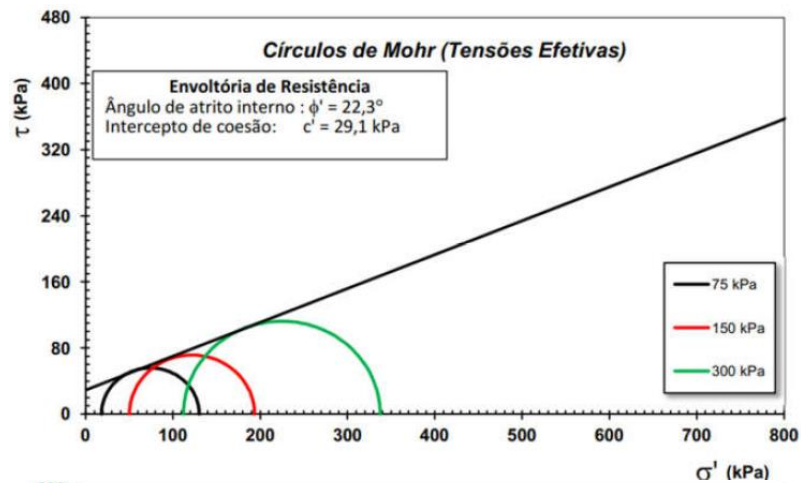


Figura 8.16 - Resultado do triaxial da amostra AM-03 (ombreira esquerda).

Visando ainda um contraponto em relação aos ensaios de laboratório, foram realizadas correlações com ensaios percussivos para a obtenção de ângulos de atrito. Conforme pode ser observado na Tabela 8.5, as correlações indicaram ângulo de atrito variando entre 21° e 31°.

Tabela 8.5 - Ângulo de atrito efetivo em função do NSPT,70 – Solo de Aterro.

Parâmetros Estatísticos	Ângulo de atrito (ϕ') em função do NSPT							
	Lambe & Whitman, 1969	Godoy, 1983	Wolff, 1989	Hatanaka & Uchida, 1996	Teixeira & Godoy, 1996	Muromachi et al., 2000	Schnaid et al., 2009	(ϕ') mínimo
Média	29	31	30	35	28	29	32	28
Mediana	29	31	30	35	28	29	32	28
Mín	<28	29	28	28	21	24	23	21
Máx	31	34	32	38	32	33	35	31
Moda	29	31	30	35	28	29	32	28

Conforme pode ser observado, os valores do ângulo de atrito, obtido tanto nos ensaios de laboratório quanto correlações com NSPT indicam ângulo de atrito da ordem de 28° e coesão de 15 kPa.

9 ESTUDOS GEOTÉCNICOS

O presente item apresenta as definições, critérios, parâmetros geotécnicos e as seções analisadas para a segurança do maciço principal da Barragem Passa Cinco, considerando os critérios estabelecidos na NBR 13.028 (ABNT, 2017).

9.1 ANÁLISES DE ESTABILIDADE

As análises de estabilidade estudaram a condição normal de operação da barragem, simulando a condição atual da estrutura, ambos com nível normal do reservatório. Adicionalmente, a condição de sollicitação sísmica, foi levado em consideração nos estudos.

9.1.1 SISMICIDADE REGIONAL

A sismicidade ou atividade sísmica de uma área refere-se à frequência, tipo e tamanho dos sismos ao longo de um período de tempo na região. Esses tremores ocorrem principalmente por dois tipos, podendo ser condicionados por uma liberação de energia na crosta terrestre, ou induzidos por uma ação antrópica como, por exemplo, a construção de grandes represas hidrelétricas, barragens de rejeito e a lavra de mineração a céu aberto ou subterrânea.

Embora ocorram em baixas magnitudes, os sismos induzidos por ações antrópicas são de suma importância para a geotecnia. A Figura 9.1 mostra mapas de sismicidade brasileira com discriminação entre eventos naturais e desencadeados.

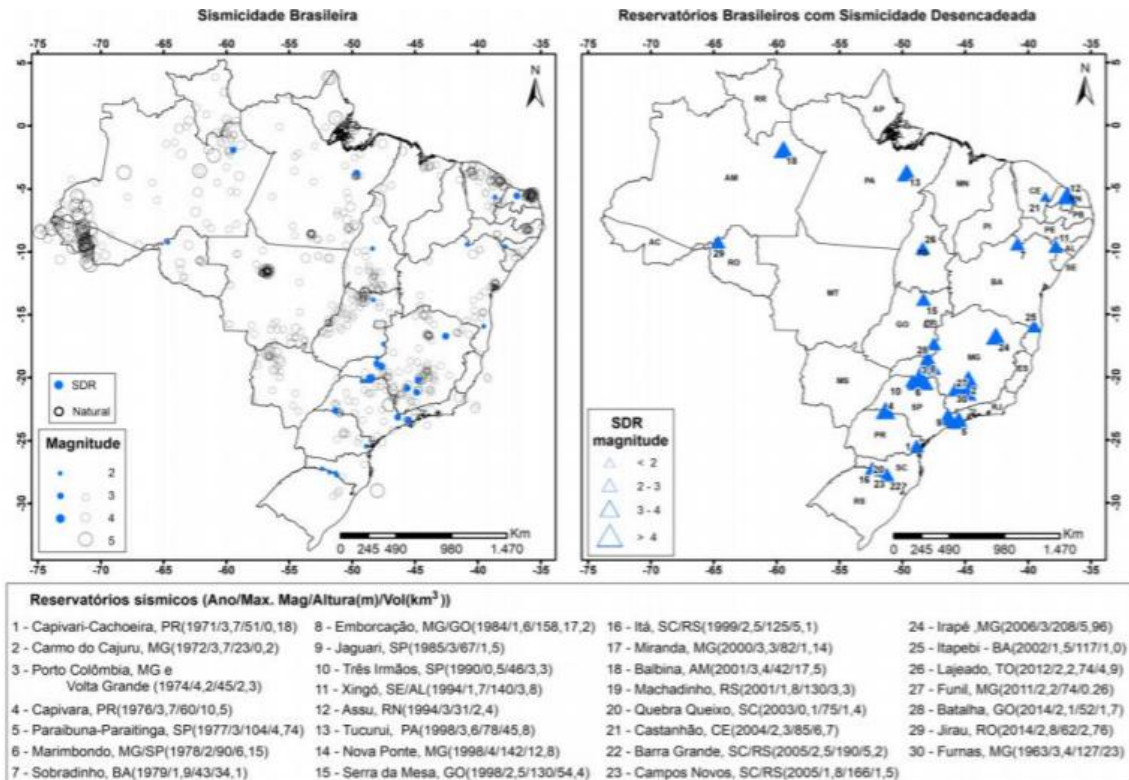


Figura 9.1 - Mapa de sismicidade brasileira com discriminação entre os eventos naturais e desencadeados. Os triângulos no mapa indicam os reservatórios brasileiros que apresentam sismicidade desencadeada.

De acordo com Oliveira & Marchioretto (2013), para ocorrências de sismos induzidos em reservatórios, o mecanismo aceito é o da percolação d'água a grandes profundidades, em planos de fraquezas do maciço rochoso subjacente ao reservatório que estejam submetidos a estados críticos de tensão. Desta forma os estudos geológicogeotécnicos são fundamentais para se determinar o perigo sísmico nas áreas onde há grandes obras.

Para o cálculo específico da aceleração a ser utilizada nas análises de estabilidade, o estudo seguiu os critérios especificados pela *Canadian Dam Association* – CDA, no documento *Dam Safety Guidelines* 2014, onde a aceleração máxima horizontal (PGA) depende do Tempo de retorno – TR em função da classificação da barragem. Na sequência, o coeficiente sísmico horizontal (Kh) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson e Franklin, 1983; Hynes-Griffin e Franklin, 1983; entre outros).

Embora a utilização de um valor para o coeficiente sísmico vertical K_v seja um conceito muito difundido, Seed e Martin (1966), e Duncan e Wright (2005) sugerem que o coeficiente sísmico vertical seja adotado igual a 0, sob a hipótese de que o movimento das ondas sísmicas cisalhantes é vertical. Papadimitriou *et al* (2014), por sua vez, reforça que os valores de acelerações verticais em regiões de baixa atividades sísmicas podem ser consideradas desprezíveis ou de baixa relevância.

Sendo assim seguindo recomendações apresentadas pela CDA no documento *Dam Safety Guidelines 2007*, a metodologia adotada para determinação do K_h consiste em:

- Classificação da barragem pelos critérios propostos pelo CDA;
- Determinação do tempo de retorno do sismo de projeto;
- Determinação do sismo de projeto;
- Realização da análise pseudoestática.

A classificação da Barragem Passa Cinco a partir da metodologia proposta pela CDA pode ser observada na Tabela 9.1.

Tabela 9.1 – Classificação da Barragem Passa Cinco (CDA 2007, Edição 2013)

CLASSIFICAÇÃO	POPULAÇÃO EM RISCO (NOTA 1)	PERDAS DE VIDA (NOTA 2)	VALORES CULTURAIS E AMBIENTAIS	INFRAESTRUTURA E ECONOMIA
Baixa	Nenhuma	0	- Perda mínima de curto prazo - Nenhuma perda de longo prazo	- Perdas econômicas baixas; - Área contem serviços e infraestrutura limitadas
Significativa	Apenas temporariamente	Não especificada	- Perda/deterioração não significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Perdas limitadas a habitats marginais - Restauração e compensações altamente factíveis	- Perdas a instalações recreacionais, locações laborais temporárias, e rotas de transporte pouco utilizadas
Alta	Permanente	10 ou menos	- Perda/deterioração significativa habitat natural de vida silvestre ou aquática importantes - Restauração e compensações altamente possível	Perdas econômicas elevadas com consequências a infraestrutura, transporte público, e instalações comerciais
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	- Perda/deterioração significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática <i>críticos</i> - Restauração e compensações possíveis, mas impraticáveis	Perdas econômicas muito elevadas, afetando infraestrutura e serviços importantes (ex: rodovias, instalações industriais e de armazenamento de substâncias perigosas)
Extrema	Permanente	Mais de 100	- Perda/deterioração grave de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Restauração e compensações impossíveis	Perdas extremas afetando infraestrutura e serviços críticos (ex: hospitais, grandes complexos industriais e de armazenamento de substâncias perigosas)

Nota 1 - Definição de população em risco

Nenhuma - Não é verificada a população em risco, não havendo possibilidade de perda de vidas além daquelas ligadas a qualquer infortúnio

Temporária - Pessoas que estão apenas de forma temporária na zona de inundação (ex: ocupação residencial sazonal, transeuntes em rotas de transporte, participação em atividades recreativas)

Permanente - A população em risco está habitualmente localizada na zona de inundação (ex: moradores permanentes); três classes de consequência (alta, muita alta e extrema) são propostas para permitir uma estimativa mais detalhada da potencial perda de vidas (para assistir o processo de tomada de decisões se análises apropriadas são feitas);

Nota 2 - Implicações a perdas de vida

Não especificada - O nível apropriado de segurança em uma barragem onde pessoa estão

temporariamente em risco depende do número de pessoas, do tempo de exposição, a natureza de sua atividade e outras condicionantes. Uma classe maior pode ser apropriada dependendo das exigências. No entanto, as exigências da análise de cheias, por exemplo, não pode ser maior se a população temporária não é provável de estar presente durante a temporada de cheias.

Para a classificação da Barragem Passa Cinco foram considerados os seguintes critérios:

- **População em Risco:** *Permanente.* Considerando a localização da estrutura um possível rompimento atinge uma parte de um bairro de Ponte Nova.
- **Número de Vidas em Risco:** *100 ou menos.* Devido o bairro situado a jusante da barragem, uma ruptura poderá ter perda de vidas entre 10 a 100 pessoas;
- **Perdas Ambientais e Culturais:** *Perda/deterioração não significativa de habitats naturais de vida silvestre ou aquática - Perdas limitadas a habitats marginais - Restauração e compensações altamente factíveis.* Considerando a localização da estrutura, um possível rompimento não atingiria regiões significativas de habitats.
- **Infraestrutura e Economia:** *Perdas econômicas elevadas, afetando infraestrutura, transporte e estabelecimentos comerciais.* Um possível rompimento atinge ruas e avenidas onde transitam transporte público, podendo acarretar em perda econômicas elevadas.

A classe de risco da estrutura é determinada pelo item de maior consequência. Assim, a estrutura foi classificada como risco muito alto. Para estruturas de risco muito alto, a CDA recomenda adotar para definição do sismo de projeto tempo de retorno de 2.475 anos, conforme a Tabela 9.2.

Tabela 9.2– Avaliação das probabilidades de excedência (CDA 2007, Edição 2013)

CLASSIFICAÇÃO (NOTA 1)	PROBABILIDADE DE EXCEDÊNCIA ANUAL - CHEIAS (NOTA 2)	PROBABILIDADE DE EXCEDÊNCIA ANUAL - TERREMOTOS (NOTA 3)
Baixa	1/100	1/100
Significativa	Entre 1/100 e 1/1.000 (nota 4)	Entre 1/100 e 1/1.000
Alta	1/3 entre 1/1.000 e PMF* (nota 5)	1/2.475 (nota 6)
Muito Alta	2/3 entre 1/1.000 e PMF* (nota 5)	1/2 entre 1/2.475 e 1/10.000 ou MCE* (nota 5)
Extrema	PMF* (nota 5)	1/10.000 ou MCE* (nota 5)
Esta tabela trata de apenas dois riscos naturais, e não considera que outro tipo de risco que possa ser considerado em avaliações de segurança de barragem		

*PMF – *probable maximum flood* (máxima cheia provável); MCE – *maximum credible earthquake* (maior sismo credível); AEP – *annual exceedance probability* (probabilidade de excedência anual);

- 1 - Como definido na Tabela 4.1 - Classificação de Barragem;
- 2 - Simples extrapolação das estatísticas de cheias além de 10⁻³ AEP não é aceitável;
- 3 - Valores médios do intervalo estimado nos níveis de AEP para terremotos devem ser usados;
- 4 - Selecionado com base na análise incremental de cheias, exposição, e consequência de falha;
- 5 - PMF e MCE não tem AEP associados;
- 6 - Esse nível foi escolhido para garantir compatibilidade com o estabelecido nas normas de construção canadenses.

Em função da inexistência de estudos de ameaça sísmica local para a determinação do PGA associado a um equivalente a 1/2 entre 2.475 e 10.000 anos ou MCE, o PGA para a região onde está localizada a Barragem Passa Cinco, foi determinado com base nos estudos apresentados por Assumpção *et al.* (2016), que apresenta um estudo de ameaça sísmica para regiões do Brasil. Para obtenção do valor de aceleração sísmica, foi considerado o mapa com tempo de retorno (TR) de 2.475 anos (Figura 9.2). Além do mais, os estudos apresentados por Assumpção *et al.* (2016), apresentam acelerações de pico em rocha - PGA_{rocha}, não sendo este o material de fundação da estrutura em estudo. A aceleração de projeto deve levar em conta efeitos de amplificação/ atenuação de ondas, distância focal do sismo e afins. Conforme, o Guia Ambiental do Ministério de Minas e Energia do Peru (MINEM -1997), aponta que as acelerações sísmicas em material de solo, para uma mesma distância focal, são entre 46% e 65% maiores em relação a acelerações em material rochoso.

Indica-se, portanto, a realização de estudo de ameaça sísmica local, com a determinação do PGA, tal como recomendado pelo CDA e pelo MINEM para falhas na proximidade de até 100 km da estrutura analisada, tanto na base rochosa quanto na base do maciço considerando a transmissão de ondas no solo.

Adicionalmente, conforme recomendado pelo CDA, MINEM, Perez & Tapia & Reyes & Ayala entre outros autores, uma estrutura estável durante um evento sísmico pode ainda experimentar deformações prejudiciais.

A estimativa dos deslocamentos permanentes induzidos por sismos deverá ser determinada a partir da elaboração de um acelerograma sintético obtido de um estudo de perigo sísmico, considerando a propagação de ondas, sejam estas análises em 1D, 2D ou 3D. Conforme Murphy (2010) os deslocamentos podem ser calculados por meio de três abordagens: análise de bloco rígido, desacoplada e acoplada. Dentre as análises mais conhecidas tem-se: para a análise de blocos rígidos, o método de Newmark (1965) - 1D; na análise desacoplada o Makdisi & Seed (1978) - 1D; e o Bray & Travararou (2007) - 1D e análises numéricas dinâmicas, realizadas por softwares como o PLAXIS ou FLAC (2D e 3D), fazem parte dos métodos acoplados. Ainda, o método Bray & Travararou (2009) permite selecionar um coeficiente sísmico com base nos deslocamentos máximos permitidos e no período natural de uma estrutura terrestre, melhorando assim a abordagem pseudo-estática.

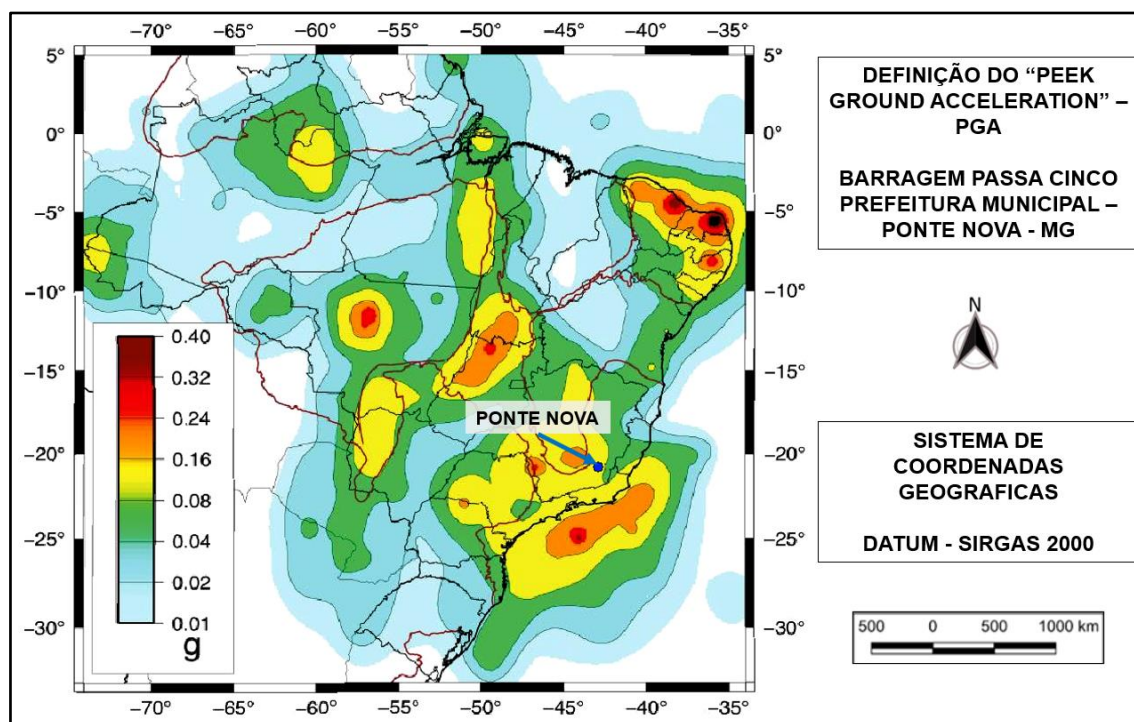


Figura 9.2– Mapas de Ameaça Sísmica (“Seismic Hazard Maps”) para aceleração de pico (Peak Ground Aceleration - PGA) em rocha, para probabilidades de 2% de excedência em 50 anos, correspondendo a período de 2475 anos. Extraído de Assumpção et al., (2016).

Conforme indicado na Figura 9.2, a Barragem Passa Cinco está inserida na zona indicada com aceleração máxima de 0,16g no trabalho de Assumpção et al., 2016. Portanto, o valor adotado para o coeficiente de aceleração sísmica horizontal (K_h) nas análises pseudoestáticas foi igual a 0,08g, considerando, conforme supracitado, que o coeficiente sísmico horizontal (K_h) usado nas análises de estabilidade pseudo-estáticas foi adotado como sendo igual a 50% do PGA, conforme recomendações de diversos autores (Corpo de Engenheiros, 1982; Marcuson & Franklin, 1983; Hynes-Griffin & Franklin, 1983; entre outros).

9.1.2 PARÂMETROS ADOTADOS NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

Mediante as sondagens e os resultados dos ensaios de laboratório de amostras coletadas no maciço e fundação da barragem, a definição dos parâmetros de resistência para os materiais baseou-se nestes resultados além da experiência dos profissionais da BARUK em materiais similares, buscando valores mais conservadores e próximos da realidade local. A Tabela 9.3 apresenta os parâmetros adotados nas análises numéricas.

Tabela 9.3 - Parâmetros de resistência dos materiais

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA				
Material	Peso específico natural (Kn/m ³)	Peso específico saturado (Kn/m ³)	Triaxial (Tensões Efetivas)	
			Coesão (Kpa)	Ângulo de atrito (ϕ)
Aterro ¹	16	17	15	28
Aluvião ²	16	17	2	26
Rocha Alterada ²	20	21	40	40
Gnaisse ²	25	26	400	40

9.1.3 CRITÉRIOS E CONDIÇÕES DE CONTORNO

Para a Barragem Passa Cinco a norma NBR 13.028 (ABNT, 2017) preconiza os seguintes fatores de segurança mínimos (FS_{\min}) que devem ser considerados para análises de estabilidade, em termos de tensões efetivas (Tabela 9.4).

Tabela 9.4 - Fatores de segurança mínimo para barragens

FASE	TALUDE	FSMIN
Operação com rede de fluxo em condição normal	Jusante	1,5
	Entre Bermas	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Montante e Jusante	1,1

As situações de superfície freática, conforme a NBR 13.028 (ABNT, 2017), podem ser definidas como:

- Superfície freática normal: quanto o sistema de drenagem interna está operando corretamente;
- Superfície freática crítica: quando o sistema de drenagem interna não está operando corretamente.

Para avaliação da segurança dos taludes da Barragem Passa Cinco, foram realizadas análises de estabilidade baseadas na teoria do Equilíbrio Limite por três métodos de análises, sendo eles: Bishop Simplificado, Morgenstern-Price e Spencer por meio do programa computacional de estudos bidimensionais Slide® 2.0. Nestas análises foram buscadas superfícies circulares (maciço homogêneo) e não circulares potenciais de ruptura, em busca do menor fator de segurança (FS).

Segundo Gerscovich (2016) a superfície de ruptura tende a ser circular em solos relativamente homogêneos, podendo ter uma aparência mais achatada na ocorrência de uma anisotropia mais significativa em relação a resistência. Já as superfícies planares ou translacionais caracterizam-se pelas descontinuidades ou planos de fraquezas. E, por fim, as rupturas de forma mista ocorrem quando há uma heterogeneidade, caracterizada pela presença de materiais ou descontinuidades com resistências mais baixas. Sendo assim, entende-se que o maciço e os materiais de fundação da Barragem Passa Cinco são homogêneos, não apresentando anisotropia, portando, para todas análises foram buscadas superfícies circulares potenciais de ruptura.

Nas análises de estabilidade foram adotados os seguintes critérios:

- Ruptura global do tipo circular;
- Cálculo das poropressões (pressões neutras) através da superfície freática hipotética, segundo as condições de saturação estabelecidas; e

- Os materiais que compõem o perfil geológico-geotécnico dos taludes são isotrópicos e homogêneos.

9.1.4 SEÇÕES ANALISADAS

Para a avaliação geotécnica da Barragem Passa Cinco foi estudada a seção crítica da barragem:

- Maciço Principal - Seção Central

9.1.5 RESULTADOS OBTIDOS

As figuras com os resultados obtidos nas análises numéricas finais de estabilidade para as seções geotécnicas estudadas em condições normais e condições críticas estão apresentadas a seguir. A Tabela 9.5 apresenta uma síntese de tais resultados.

Tabela 9.5 - Fatores de segurança obtidos

FASE	TALUDE	FSMIN	FS _{OBTIDO}
			MACIÇO DA BARRAGEM SEÇÃO CRÍTICA
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Jusante	1,5	1.10
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Jusante	1,1	0.94

As análises de estabilidade realizadas para a seção crítica da Barragem Passa Cinco mostraram que os **fatores de segurança obtidos estão abaixo do mínimo recomendado** pela norma técnica brasileira de barragens NBR 13028 (ABNT, 2017).

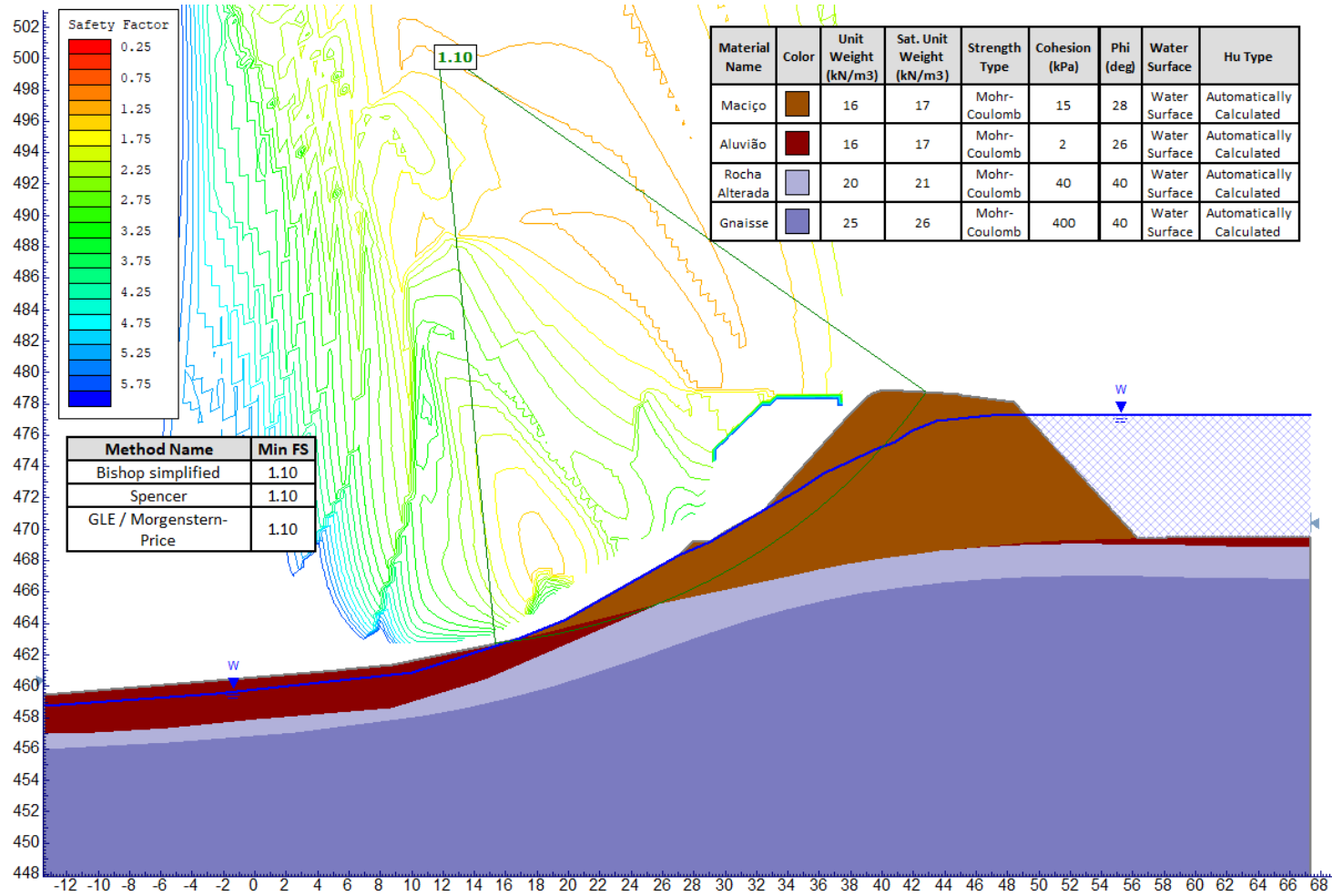


Figura 9.3 – Análise Estática – Condição Drenada – Freática Atual – $F_s = 1,10$.

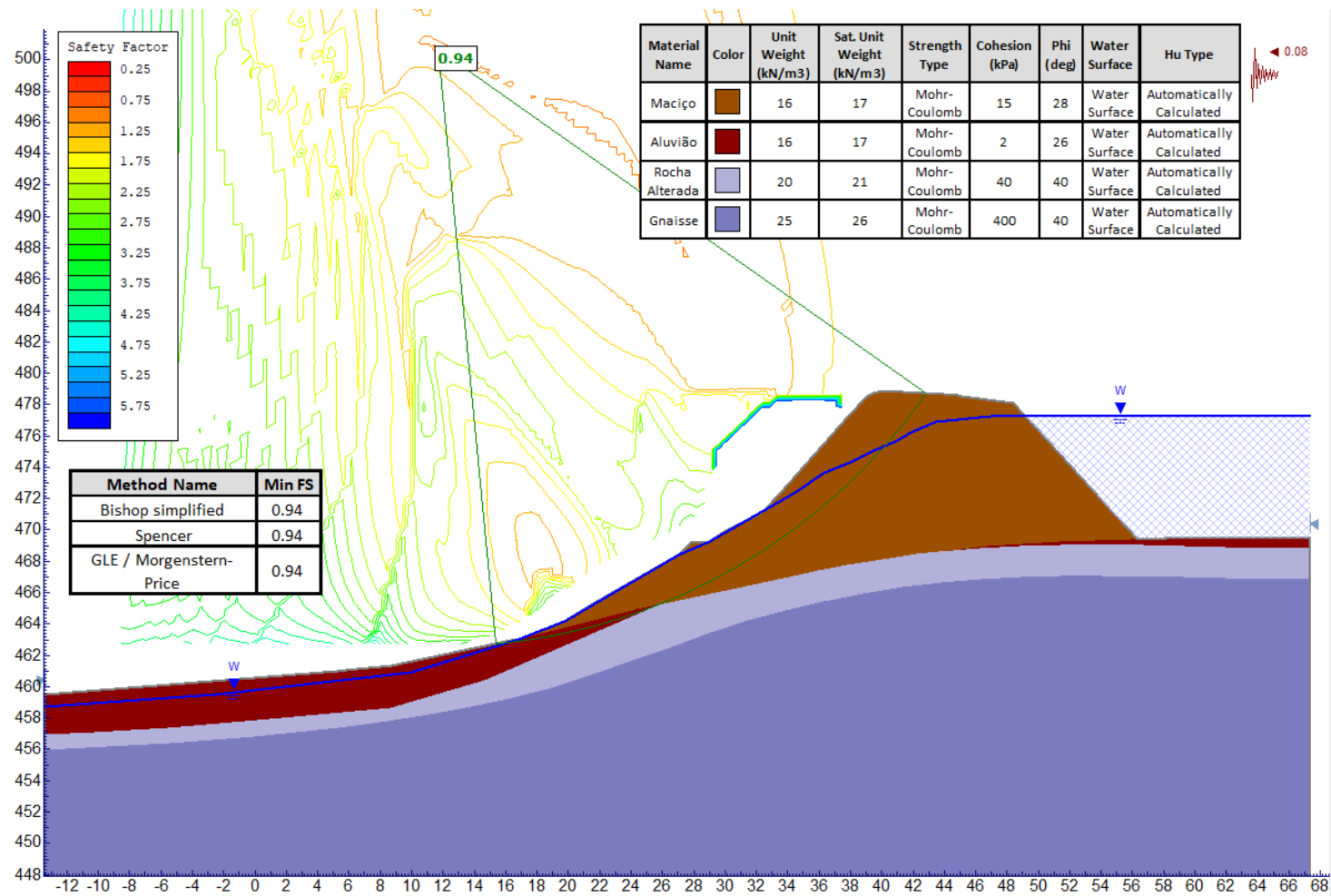


Figura 9.4 – Análise Pseudo-Estática – Condição Drenada – Freática Atual – $F_s = 0,94$.

10 ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológicos e hidráulicos têm por objetivo a determinação dos parâmetros e dados para o dimensionamento do vertedouro, e conseqüentemente a garantia de segurança da barragem do ponto de vista hidráulico, para que se evite o transbordo causando assim danos a estrutura.

Os estudos hidrológicos e hidráulicos, consiste na verificação do sistema extravasor de emergência da estrutura, a fim de atender a eventos pluviométricos intensos associado ao período de retorno (TR) de 10.000 anos. Neste aspecto, a estrutura extravasora como já relatado, não possui geometria definida, sendo assim não é possível avaliar a presente estrutura. Deste modo, a estrutura extravasora deverá ser replantada conforme o adequado dimensionamento considerando a capacidade perante o trânsito de cheias


11 CONCLUSÃO

Tendo em vista os fatores de segurança obtidos, em relação aos valores mínimos sugeridos pela NBR 13.028/2017 e a partir do estado de conservação da barragem observado durante a inspeção de campo, pode-se concluir que as análises conduzidas representam bem a situação de campo e **não atestam a estabilidade geotécnica da Barragem Passa Cinco.**

De acordo com as inspeções realizadas pela equipe técnica da BARUK, a análise dos documentos disponibilizados e avaliação dos estudos de estabilidade realizados, observou-se que a estrutura não se encontra em condições adequadas de segurança, e devem ser corrigidos os problemas identificados na vistoria, conforme considerações apresentadas no presente documento.

Adicionalmente são recomendadas as seguintes medidas corretivas, a serem implantadas de forma programada:




- a) Rebaixamento do nível do reservatório da barragem Passa Cinco;
- b) Elaboração de Projeto de Reforço da Barragem;
- c) Elaboração de Projeto de Sistema Extravasor;
- d) Implantação dos Projetos supracitados;
- e) Implantação de um sistema de inspeções no barramento e suas estruturas auxiliares para acompanhamento do estado da barragem;
- f) Implantação de programa de manutenção, incluindo combate a pragas e roçada.



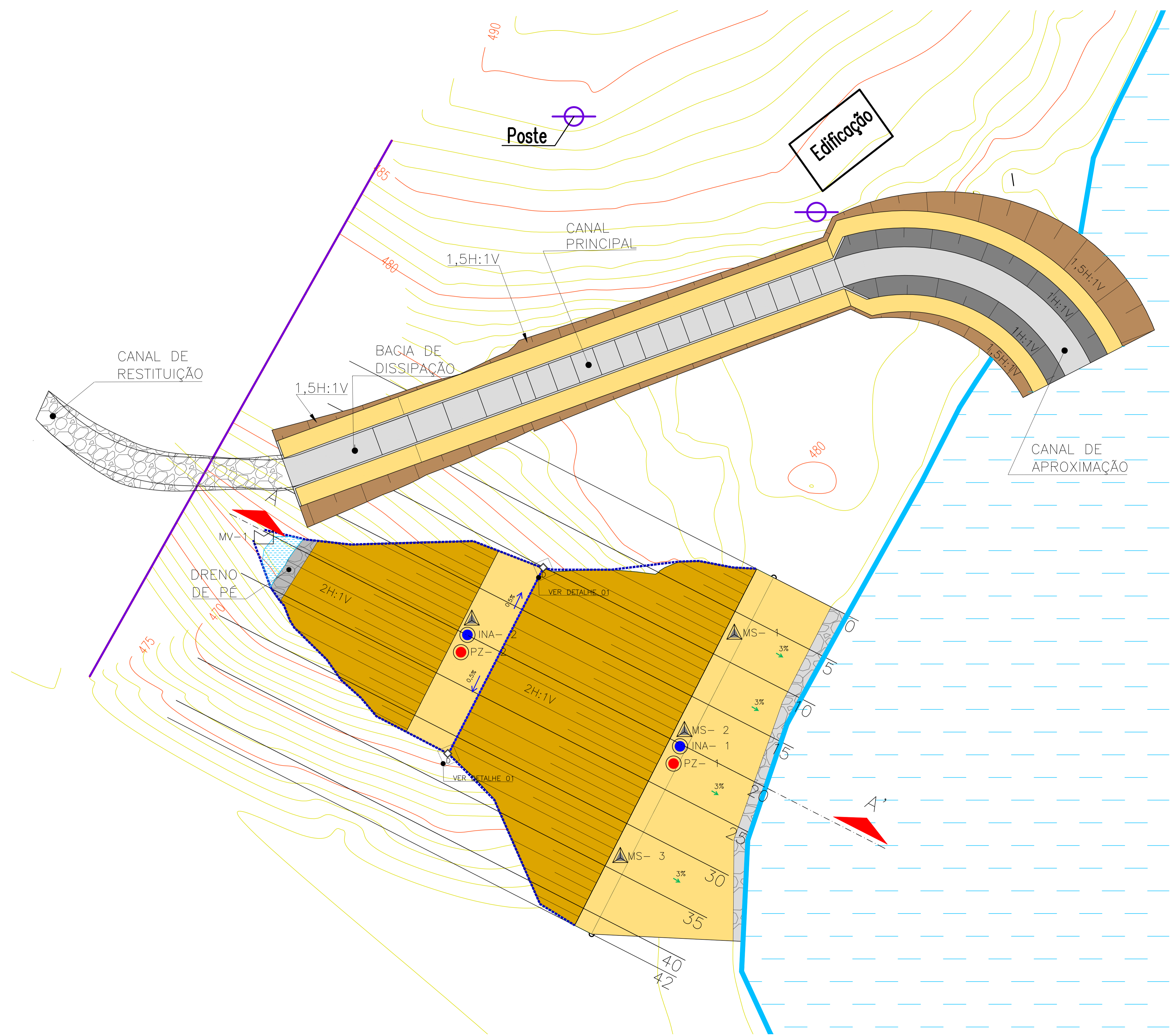
D.Sc. Aécio Gomes Fineza
Engº Civil / Geotécnico
CREA-MG: 94.683/D

ANEXOS

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

 <p>Adobe Acrobat Document</p>	<p>ANEXO A – RELATORIO DE SPT - SPR 21-026 - BARUK CONSULTORIA AMBIENTAL E ENGENHARIA LTDA</p> <p>Formato: ["pdf"] 8 páginas</p>
 <p>Adobe Acrobat Document</p>	<p>ANEXO B – RELATORIO_AMOSTRAS_DA_BARRAGEM_DO_PASSA _CINCO_PONTE_NOVA_MG</p> <p>Formato: ["pdf"] 15 páginas</p>
 <p>Package</p>	<p>ANEXO C – BT-BRK-2101-G3-SEMAM-PASSA_CINCO</p> <p>Formato: ["dwg"]</p>

Esta folha é de propriedade do Contratante e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo.



LEGENDA	
	COROAMENTO E BERMAS
	TALUDE DE JUSANTE
	DRENO DE PÉ
	ENROCAMENTO
	PROTEÇÃO CONTRA ONDAS
	LÂMINA D'ÁGUA
	CORTE
	NÍVEL D'ÁGUA OPERACIONAL - EL 474,60m
	INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA - INA - PROPOSTO
	PIEZOMETRO - PZ - PROPOSTO
	MARCO SUPERFICIAL - MS - PROPOSTO
	MEDIDOR DE VAZÃO - MV - PROPOSTO
	CANAleta TIPO 01 - 30x50cm
	CANAleta TIPO 02 - 40x50cm

- NOTAS GERAIS**
- TODAS AS DIMENSÕES E ELEVACÕES ESTÃO EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.
 - TODAS AS DIMENSÕES E INCLINAÇÕES DO PROJETO DEVERÃO SER SEGUIDAS, COM VARIAÇÕES MÁXIMAS DE 5%.
 - TODAS AS COTAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS OBRAS.
 - CASO SE VERIFIQUE QUALQUER INCOMPATIBILIDADE NO PRESENTE PROJETO, A MESMA DEVERÁ DE IMEDIATO SER COMUNICADA POR ESCRITO PARA O PROJETISTA.
 - TODAS AS VALAS A CÉU ABERTO, CONFORME A ESTABILIDADE DO TERRENO, DEVERÃO SER ESCORADAS COM PONTALETES DE MADEIRA OU METÁLICOS.
 - COLOCAR LASTRO DE CONCRETO MAGRO COM 0,05m DE ESPESURA EM TODOS OS ELEMENTOS EM CONCRETO QUE ESTEJAM EM CONTATO COM O TERRENO E ABAIXO DE TODAS AS TUBULAÇÕES (BERÇO).
 - NOS LOCAIS QUE NÃO ESTÃO INDICADOS ELEMENTOS DE DRENAGEM DEVERÁ SER EXECUTADO VALETA PARA PROTEÇÃO DE CORTE COM LASTRO DE BRITA PARA EVITAR EROSIÃO E CARREAMENTO DE SÓLIDOS.
 - A DRENAGEM PROJETADA TEVE DIMENSIONAMENTO CONSIDERANDO LIMPEZA CONSTANTE DOS CONDUTOS E DISPOSITIVOS DE DRENAGEM.
 - RECOMENDA-SE QUE APÓS CHUVAS DE MODERADA INTENSIDADE SEJA REALIZADA VISTORIA EM CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO.
 - UM SISTEMA DE DRENAGEM PROVISÓRIO DEVERÁ SER IMPLANTADO CONCOMITANTEMENTE COM A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM.
 - TODAS AS SUPERFÍCIES DOS TALUDES DEFINITIVOS DEVERÃO SER PROTEGIDAS COM GRAMA.
 - NOS REATERROS DEVERÁ SER ALCANÇADO O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO DE 98% DO PROCTOR NORMAL DO MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO ATERRO.
 - AS OBRAS DE TERRAPLENAGEM SERÃO REALIZADAS EM ETAPA ÚNICA, A FIM DE MINIMIZAR A EROSIÃO E CARREAMENTO DE PARTÍCULAS. NÃO ESTÃO PREVISTAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MASSA DE TERRA, SENDO OS TALUDES PROJETADOS PARA SE AUTO SUPORTAREM (CONFORME INCLINAÇÃO DE PROJETO) E A EROSIÃO DOS MESMOS CONTROLADAS COM O PLANTIO DE GRAMA.
 - NAS ÁREAS DESTINADAS A ATERRO SERÁ DEIXADA UMA CAMADA DE NO MÍNIMO 0,60 (SESSENTA CENTÍMETROS), ABAIXO DO NÍVEL PROJETADO, ISENTA DE TOCOS OU RAÍZES. AS CAMADAS DE MATERIAIS INSERVIÁVEIS SERÃO SUBSTITUÍDAS NAS ÁREAS QUE NÃO SERÃO DESTINADAS A ATERRO, SERÁ PRESERVADA A VEGETAÇÃO NATURAL, DESDE QUE NÃO REPRESENTAR PREJUÍZOS DE ORDEM TÉCNICA.
 - TUDO O SOLO MOLE/TURFA DEVERÁ SER REMOVIDO SOBRE A ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO BARRAMENTO COM O OFFSET DE 10M EM RELAÇÃO AO PERÍMETRO DO BARRAMENTO.
 - CASO DURANTE A ESCAVAÇÃO FOR VERIFICADO NECESSIDADE DE MELHORAR O SOLO DE FUNDAÇÃO (ABAIXO DO SOLO MOLE/TURFA) DO ATERRO PODERÁ SER MELHORADO COM MISTURA DE SOLO-CIMENTO, OU SOLO-CAL, OU OUTRA TÉCNICA QUE GARANTA O AUMENTO DE CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO PARA RECEBER O ATERRO SEM GRANDES RECALQUES.
 - OS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS DEVERÃO SER ENSAIADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NO PROJETO.
 - OS TRABALHOS DE ATERRO TERÃO DE SER EXECUTADOS COM MATERIAL ESCOLHIDO, DE PREFERÊNCIA LATÉRITA OU TERRA (NUNCA TURFA NEM ARGILA ORGÂNICA), SEM DETRITOS VEGETAIS, PEDRAS OU ENTULHO, EM CAMADAS SUCESSIVAS DE 25 CM (MATERIAL SÓLTO), DEVIDAMENTE MOLHADAS E APLIADAS, MANUAL OU MECANICAMENTE, A FIM DE SEREM EVITADAS FENDAS, TRINCAS E DESNÍVEIS EM VIRTUDE DE RECALQUE NAS CAMADAS ATERRADAS.
 - APÓS FINALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM DEVERÁ SER REALIZADA PROTEÇÃO VEGETAL COMPOSTA PELO PREPARAÇÃO DO SOLO, EXECUÇÃO DE HIDROSSEMADURA, APLICAÇÃO DE BIOMANTA E FIXAÇÃO COM GRAMPOS DE AÇO.
 - SUGERE-SE A AUTOMATIZAÇÃO DOS INAS E PZS VISANDO OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA DAS LEITURAS.

PROJETO CONCEITUAL DE REFORÇO DE BARRAGEM

ENDEREÇO:
R. Cel. Emilio Martins, Bairro Fátima, Ponte Nova - MG

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA

Contratante:
PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA
C.N.P.J.: 23.804.149/0001-29

Responsável Técnico:
Engenheiro Civil Dr. Adonai Gomes Fineza
C.P.F.: 732.426
CREA: MG 094.663/0

OBSERVAÇÕES:
ESTA FOLHA É DE PROPRIEDADE DO CONTRATANTE E SEU CONTEÚDO NÃO PODE SER COPIADO OU REVELADO A TERCEIROS.
ESTE PROJETO É UMA OBRA DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DE SEU(S) AUTOR(ES).
A EXECUÇÃO SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO RESULTARÁ EM INFRAÇÃO PREVISTA NA LEI NÚMERO 5.194 DE 24 DE DEZEMBRO DE 1966.

ETAPA: Projeto Final

PROJETISTA: Anderson/Gian

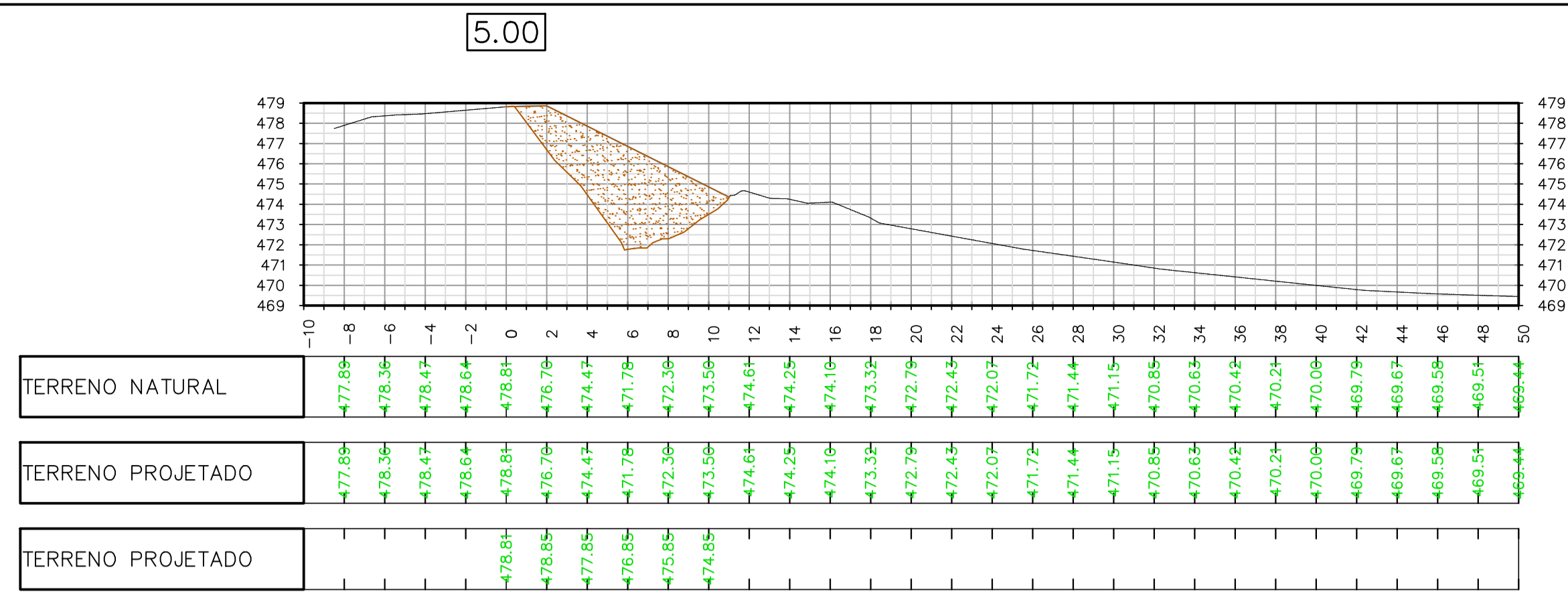
ESCALA: INDICADA

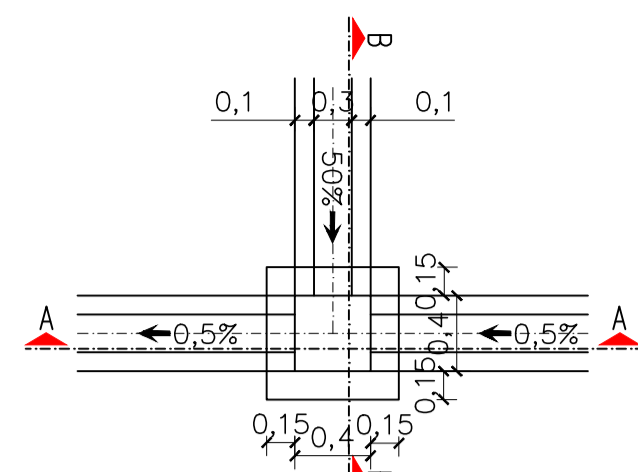
DATA: 15/11/2021

FOLHA: 01/05

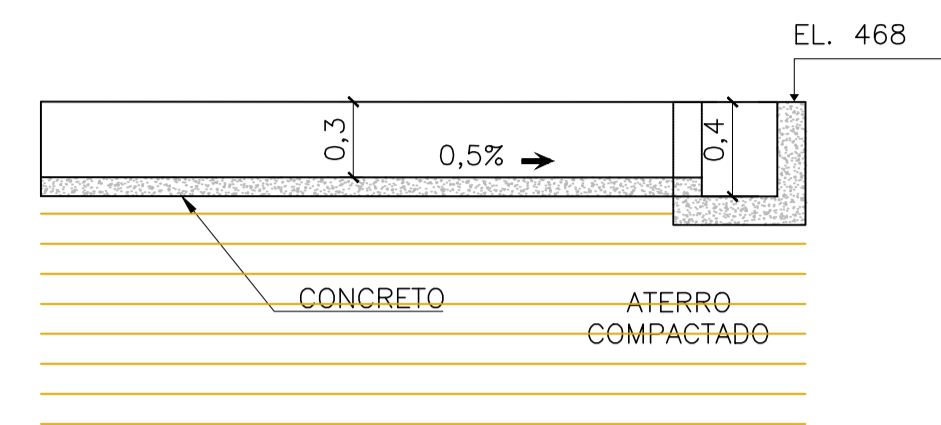
COLOR 1314950 - PENNA 0.10
COLOR 2314950 - PENNA 0.20
COLOR 3314950 - PENNA 0.30
COLOR 4314950 - PENNA 0.40
COLOR 5314950 - PENNA 0.50
COLOR 6314950 - PENNA 0.60
COLOR 7314950 - PENNA 0.70
COLOR 8314950 - PENNA 0.80
COLOR 9314950 - PENNA 0.90

Esta folha é de propriedade do Contratante e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo.

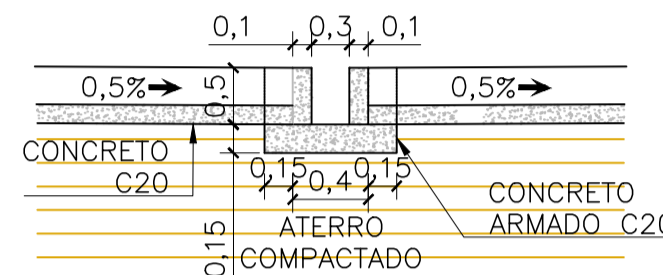




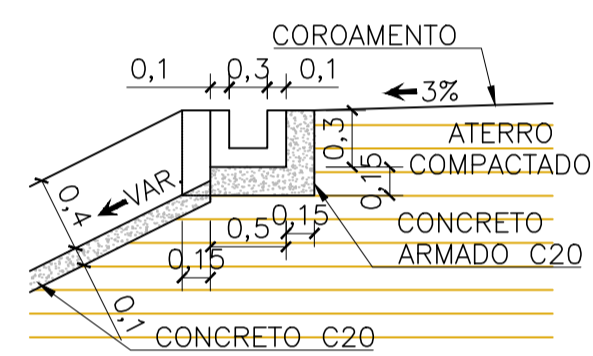
CAIXA DE PASSAGEM – DETALHE 01
EXUTÓRIO – E1 AO E2
ESCALA: 1/50



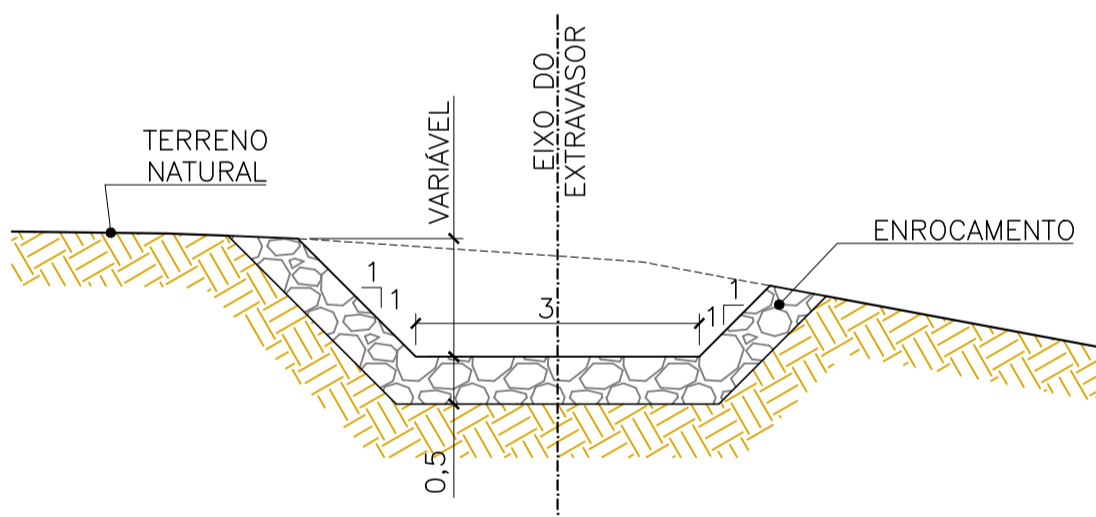
CANALETAS TIPO 01 – DETALHE 02
ESCALA: 1/50



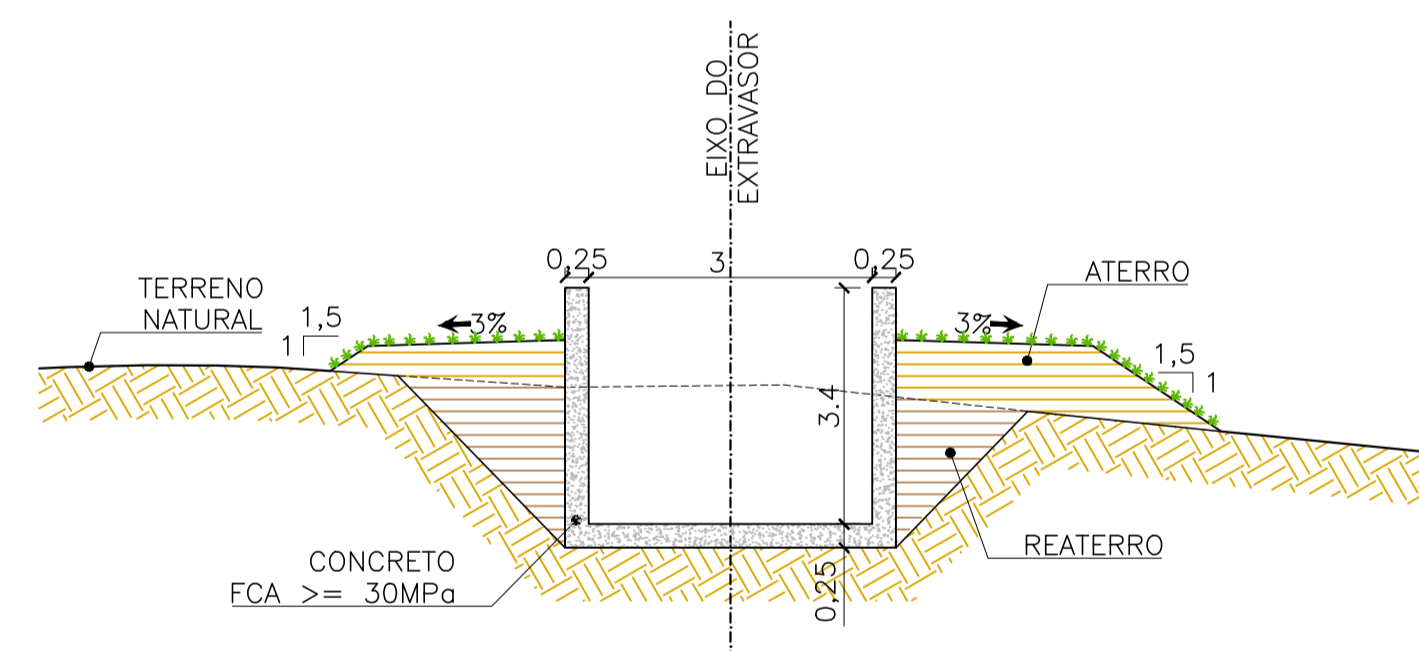
SEÇÃO A-A
EXUTÓRIO – E1 AO E2
ESCALA: 1/50



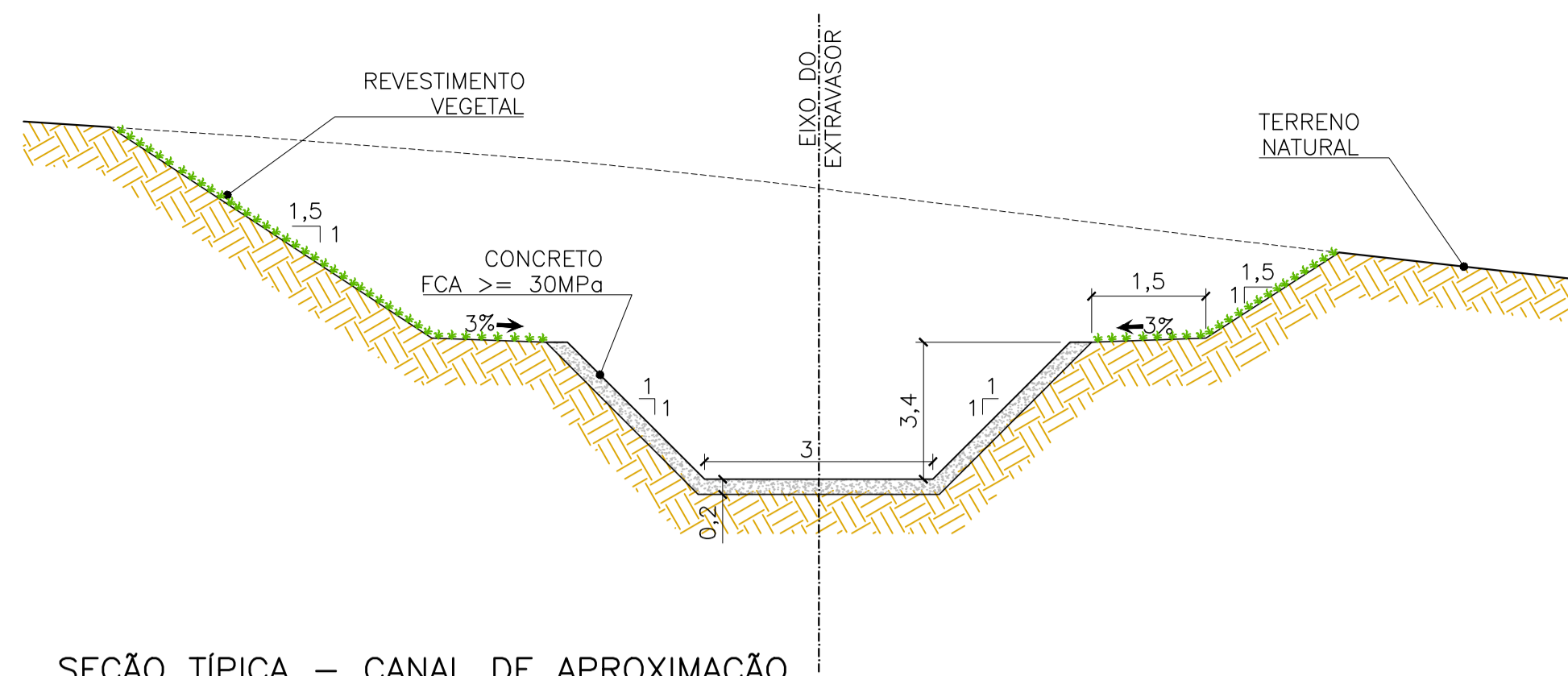
SEÇÃO B-B
EXUTÓRIO – E1 AO E2
ESCALA: 1/50



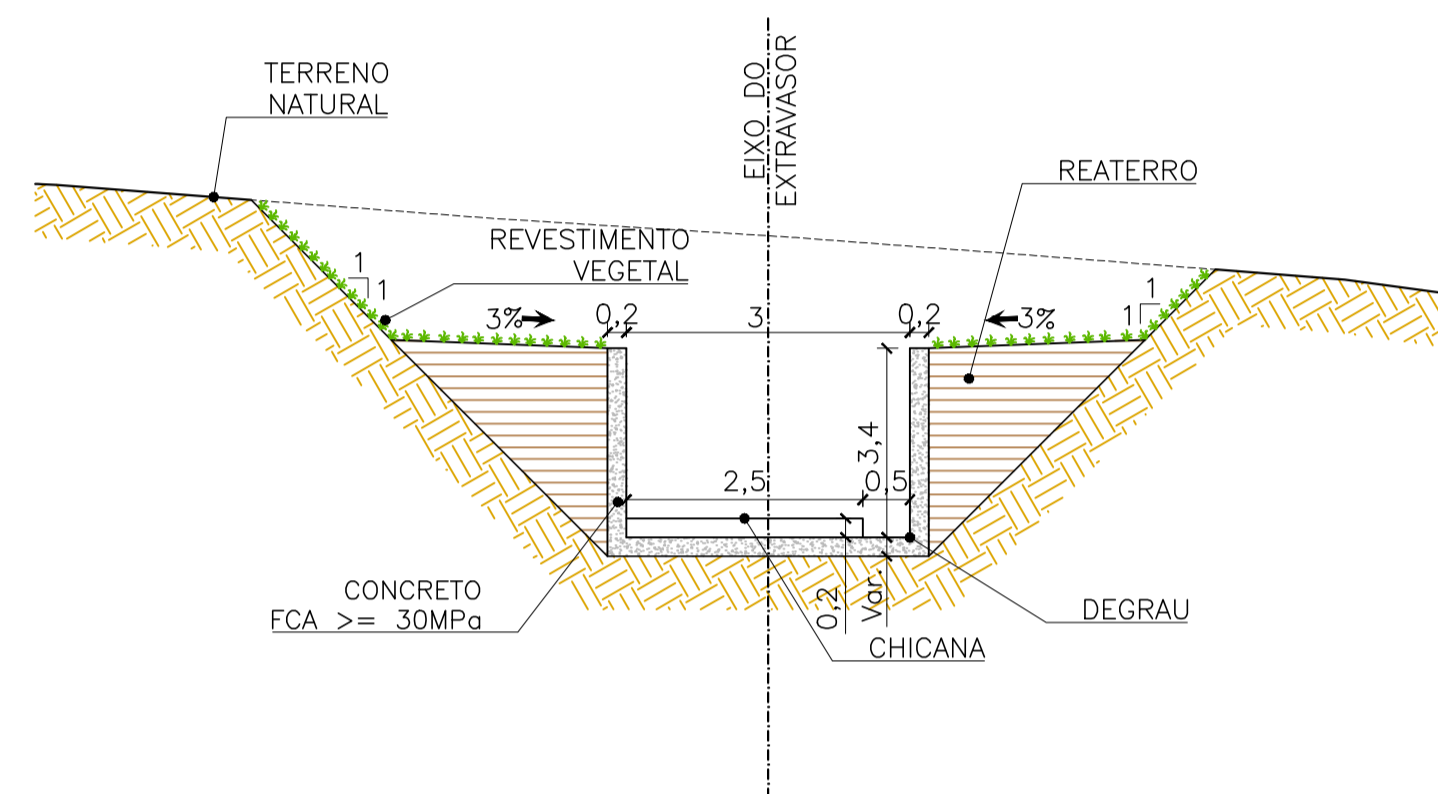
SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE RESTITUIÇÃO
ESC.: 1/100



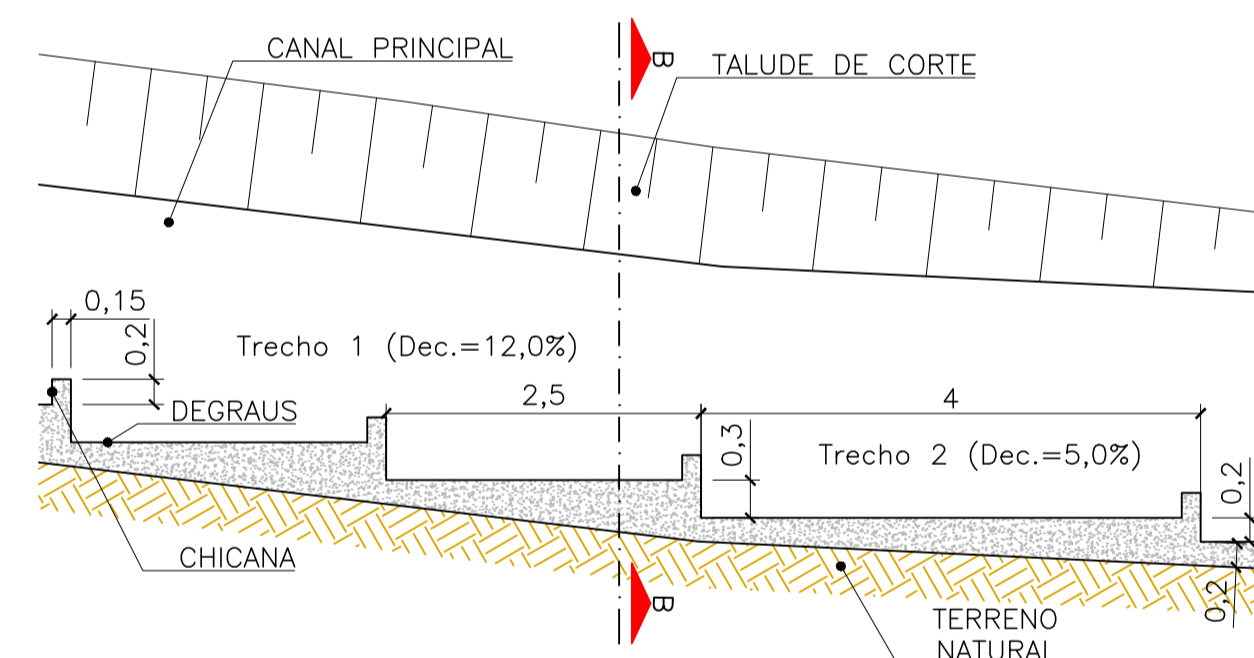
SEÇÃO TÍPICA – BACIA DE DISSIPÇÃO
ESC.: 1/100



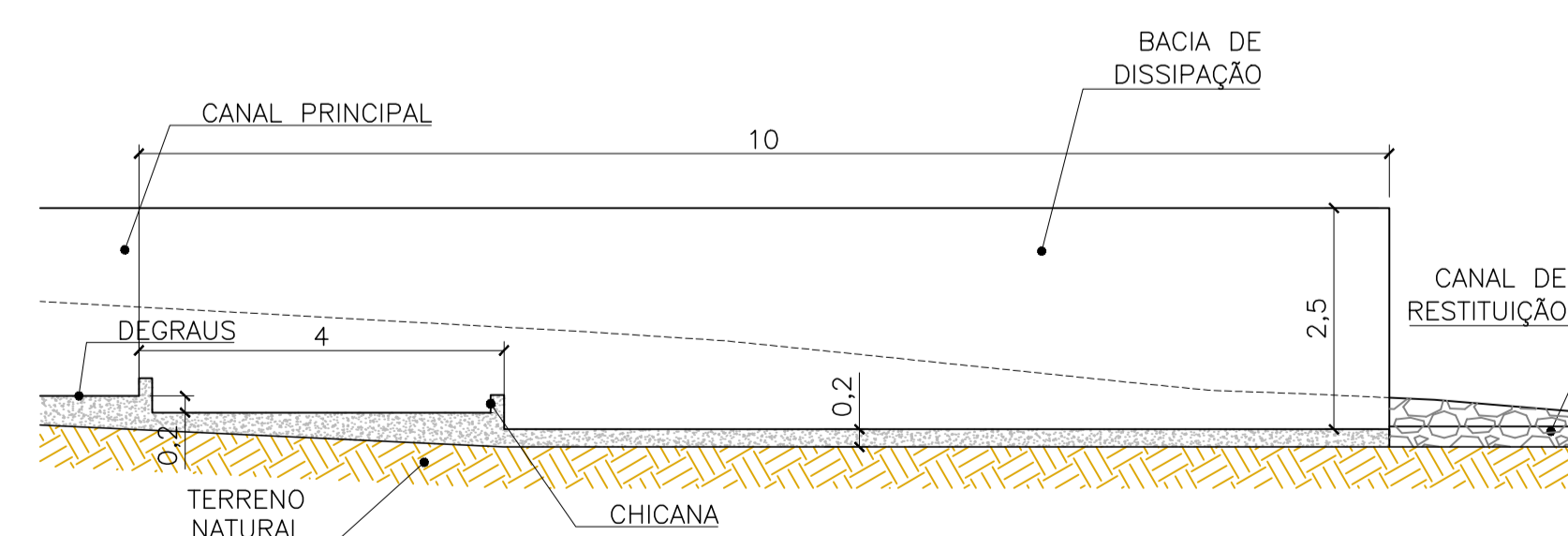
SEÇÃO TÍPICA – CANAL DE APROXIMAÇÃO
ESC.: 1/100



SEÇÃO BB – CANAL PRINCIPAL EM DEGRAUS
ESC.: 1/100

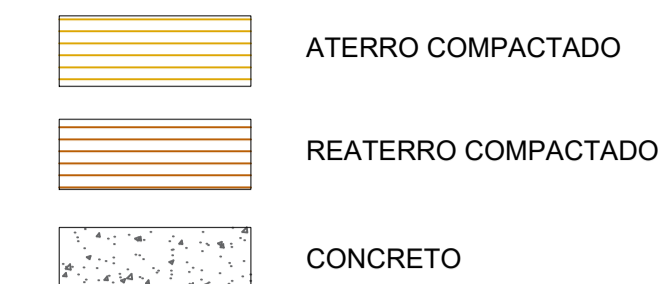


DETALHE 01 – TRANSIÇÃO DE DEGRAUS
ESC.: 1/75



DETALHE 02 – CANAL PRINCIPAL E BACIA DE DISSIPÇÃO
ESC.: 1/100

LEGENDA



NOTAS GERAIS

- TODAS AS DIMENSÕES E ELEVAÇÕES ESTÃO EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.
- TODAS AS DIMENSÕES E INCLINAÇÕES DO PROJETO DEVERÃO SER SEGUIDAS, COM VARIAÇÕES MÁXIMAS DE 5%.
- TODAS AS COTAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS OBRAS.
- CASO SE VERIFIQUE QUALQUER INCOMPATIBILIDADE NO PRESENTE PROJETO, A MESMA DEVERÁ DE IMEDIATO SER COMUNICADA POR ESCRITO PARA O PROJETISTA.
- TODAS AS VALAS A CÉU ABERTO, CONFORME A ESTABILIDADE DO TERRENO, DEVERÃO SER ESCORADAS COM PONTALETES DE MADEIRA OU METÁLICOS.
- COLOCAR LASTRO DE CONCRETO MAGRO COM 0.05m DE ESPESURA EM TODOS OS ELEMENTOS EM CONCRETO QUE ESTEJAM EM CONTATO COM O TERRENO E ABAIXO DE TODAS AS TUBULAÇÕES (BERÇO).
- NOS LOCAIS QUE NÃO ESTÃO INDICADOS ELEMENTOS DE DRENAGEM DEVERÁ SER EXECUTADO VALETA PARA PROTEÇÃO DE CORTE COM LASTRO DE BRITA PARA EVITAR EROSIÃO E CARREAMENTO DE SÓLIDOS.
- A DRENAGEM PROJETADA TEVE DIMENSIONAMENTO CONSIDERANDO LIMPEZA CONSTANTE DOS CONDUTOS E DISPOSITIVOS DE DRENAGEM.
- RECOMENDA-SE QUE APÓS CHUVAS DE MODERADA INTENSIDADE SEJA REALIZADA VISTORIA EM CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO.
- UM SISTEMA DE DRENAGEM PROVISÓRIO DEVERÁ SER IMPLANTADO CONCOMITANTEMENTE COM A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM.
- TODAS AS SUPERFÍCIES DOS TALUDES DEFINITIVOS DEVERÃO SER PROTEGIDAS COM GRAMA.
- NOS REATERROS DEVERÁ SER ALCANÇADO O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO DE 98% DO PROCTOR NORMAL DO MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO ATERRO.
- AS OBRAS DE TERRAPLANAGEM SERÃO REALIZADAS EM ETAPA ÚNICA, A FIM DE MINIMIZAR A EROSIÃO E CARREAMENTO DE PARTÍCULAS. NÃO ESTÃO PREVISTAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MASSA DE TERRA, SENDO OS TALUDES PROJETADOS PARA SE AUTO-SUPPORTAREM (CONFORME INCLINAÇÃO DE PROJETO) E A EROSIÃO DOS MESMOS CONTROLADAS COM O PLANTIO DE GRAMA.
- NAS ÁREAS DESTINADAS A ATERRO SERÁ DEIXADA UMA CAMADA DE NO MÍNIMO 0.60 (SESSENTA CENTÍMETROS), ABAIXO DO NÍVEL PROJETADO, ISENTA DE TOCOS OU RAIZES. AS CAMADAS DE MATERIAIS INSERVÍVEIS SERÃO SUBSTITUÍDAS. NAS ÁREAS QUE NÃO SERÃO DESTINADAS À ATERRO, SERÁ PRESERVADA A VEGETAÇÃO NATURAL, DESDE QUE NÃO REPRESENTAR PREJUÍZOS DE ORDEM TÉCNICA.
- TUDO O SOLO MOLE/TURFA DEVERÁ SER REMOVIDO SOBRE A ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO BARRAMENTO COM O OFFSET DE 10M EM RELAÇÃO AO PERÍMETRO DO BARRAMENTO.
- CASO DURANTE A ESCAVAÇÃO FOR VERIFICADO NECESSIDADE DE MELHORAR O SOLO DE FUNDAÇÃO (ABAIXO DO SOLO MOLE/TURFA) DO ATERRO PODERÁ SER MELHORADO COM MISTURA DE SOLO-CIMENTO, OU SOLO-CAL, OU OUTRA TÉCNICA QUE GARANTA O AUMENTO DE CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO PARA RECEBER O ATERRO SEM GRANDES RECALQUES.
- OS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS DEVERÃO SER ENSAIADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NO PROJETO.
- OS TRABALHOS DE ATERRO TERÃO DE SER EXECUTADOS COM MATERIAL ESCOLHIDO, DE PREFERÊNCIA LATERITA OU TERRA (NUNCA TURFA NEM ARGILA ORGÂNICA), SEM DETRITOS VEGETAIS, PEDRAS OU ENTULHO, EM CAMADAS SUCESSIVAS DE 25 CM (MATERIAL SOLTO), DEVIDAMENTE MOLHADAS E APLIADAS, MANUAL OU MECANICAMENTE, A FIM DE SEREM EVITADAS FENDAS, TRINÇAS E DESNÍVEIS EM VIRTUDE DE RECALQUE NAS CAMADAS ATERRADAS.
- APÓS FINALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM DEVERÁ SER REALIZADA PROTEÇÃO VEGETAL COMPOSTA PELO PREPARAÇÃO DO SOLO, EXECUÇÃO DE HIDROSEMADURA, APLICAÇÃO DE BIOMANTA E FIXAÇÃO COM GRAMPOS DE AÇO.
- SUGERE-SE A AUTOMATIZAÇÃO DOS INAS E PZ'S VISANDO OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA DAS LEITURAS.

PROJETO CONCEITUAL DE REFORÇO DE BARRAGEM

ENDEREÇO:
R. Cel. Emilio Martins, Bairro Fátima, Ponte Nova - MG

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA

Contratante:
PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA
C.N.P.J.: 23.804.149/0001-29

Responsável Técnico:
Engenheiro Civil Dr. Adonai Gomes Fineza
C.P.F.: 732.426
CREA:MG 094.663/0



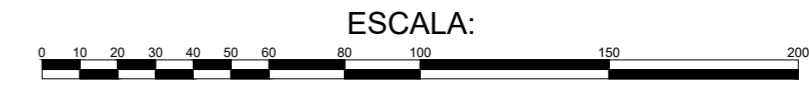
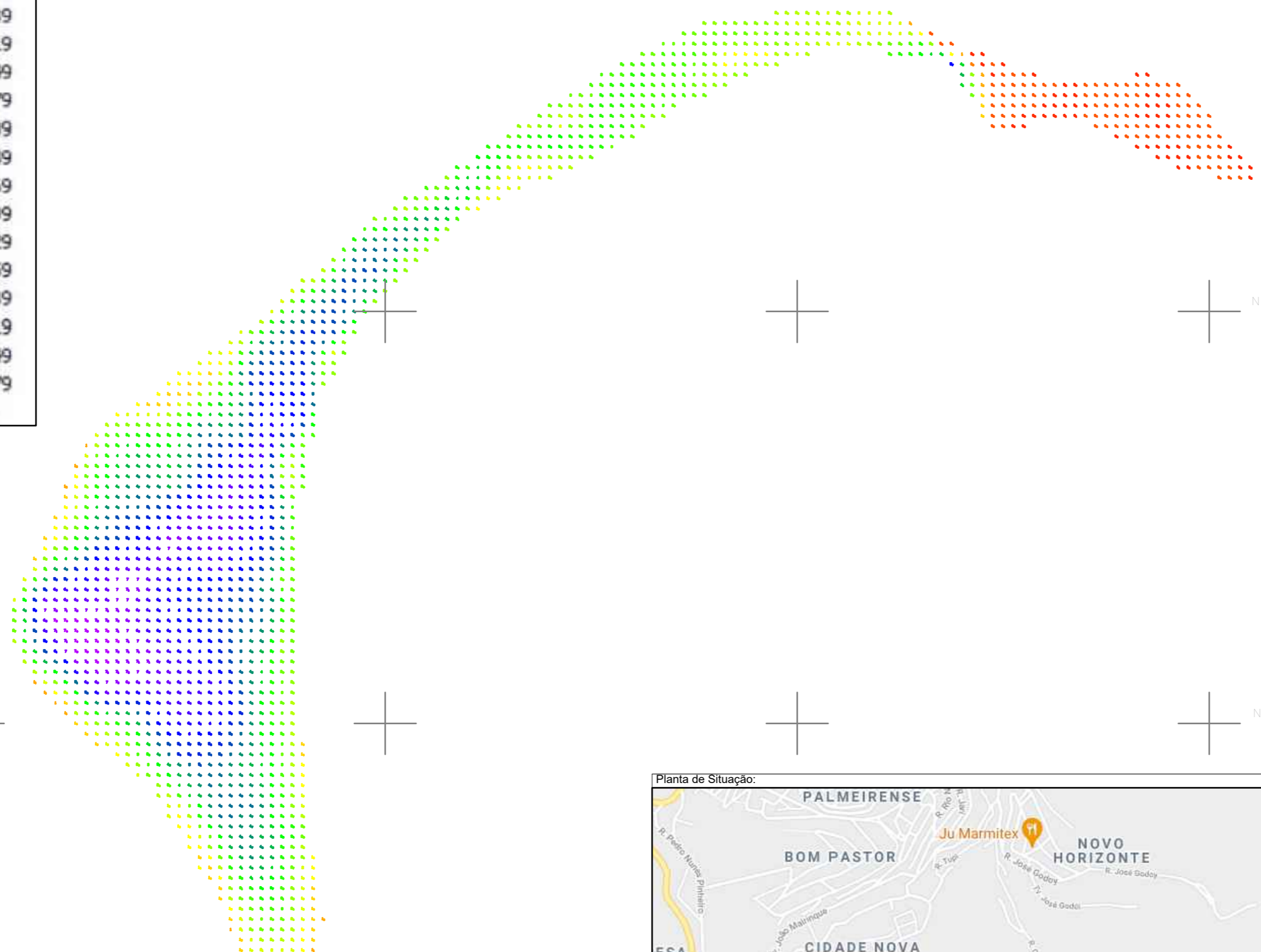
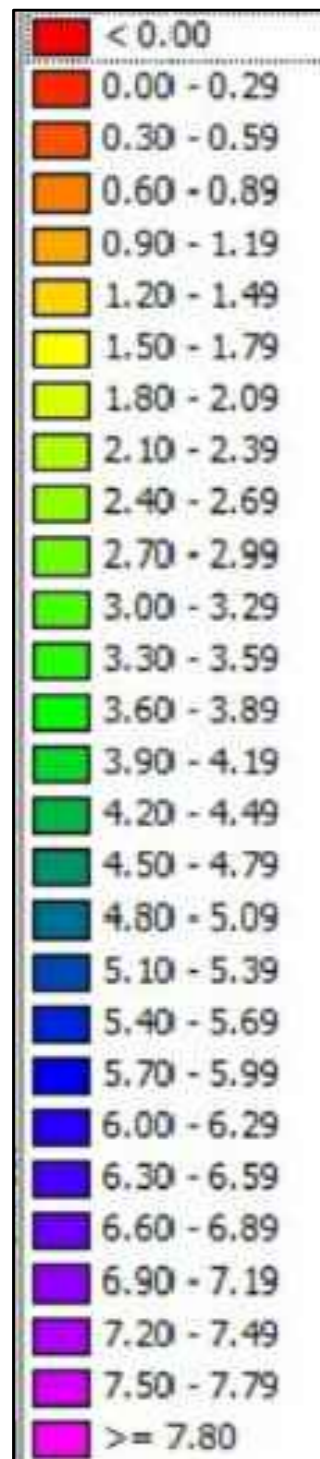
OBSERVAÇÕES:
ESTA FOLHA É DE PROPRIEDADE DO CONTRATANTE E SEU CONTEÚDO NÃO PODE SER COPIADO OU REVELADO A TERCEIROS.
ESTE PROJETO É UMA OBRA DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DE SEU(S) AUTOR(ES).
ALTEMAÇÕES SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO RESULTARÃO EM INFRAÇÃO PREVISTA NA LEI NÚMERO 5.194 DE 24 DE DEZEMBRO DE 1966.

FOLHA
03/05

ETAPA: Projeto Final
PROJETISTA: Anderson/Glan
ESCALA: INDICADA
DATA: 15/11/2021

COLO 13/440 - PENNA 0.10
COLO 20/440 - PENNA 0.20
COLO 30/440 - PENNA 0.30
COLO 40/440 - PENNA 0.40
COLO 50/440 - PENNA 0.50
COLO 60/440 - PENNA 0.60
COLO 70/440 - PENNA 0.70
COLO 80/440 - PENNA 0.80
COLO 90/440 - PENNA 0.90

Esta folha é de propriedade do Contratante e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo.



Resultados Batimetria

Prof. Média	3,87m
Prof. Máxima	0,21m
Prof. Mínima	7,42m

Informações de Coordenadas
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA
 DE MERCATOR - UTM
 SGR - SIRGAS2000
 MC: 45°

CM -00°44'23.863328"
 K: 1.000204327

VÉRTICE: PT-P-0001
 Lat.: 20°25'35.460" S
 Long.: 42°52'50.392" W

Título: **Levantamento Planialtimétrico Cadastral** Folha: **01**

PROPRIEDADE: Lagoa Parque Natural Municipal Tancredo Neves
 PROPRIETÁRIO: Prefeitura Municipal de Ponte Nova
 MUNICÍPIO(S): Ponte Nova
 COMARCA(S): Ponte Nova
 CARTÓRIO:
 MAT./TRANSC.:
 CÓDIGO INCRA:
 ÁREA TOTAL (m²): 34.863,8 VOLUME (m³): 153.780,5
 DATA: 01/09/2021 ESCALA: 1 / 2000

Quadro de Áreas e Perímetros:

Área Total: 34.863,8 m²
 Perímetro Total: 153.780,5

Quadro de Assinaturas:

Prop.: Prefeitura Municipal de Ponte Nova
 CNPJ: 23.804.149/0001-29

Resp. Téc.: Rayra Bellico Cária e Coelho
 Engenheira Agrimensora e Cartógrafa
 CREA n°: MG 299.677/D
 ART n°





**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

**LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE
PONTE NOVA, MINAS GERAIS**

**PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA
PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.**

**PONTE NOVA - MINAS GERAIS
SETEMBRO DE 2021**

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035
Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, [REDACTED] cel.: [REDACTED] Whatsapp: [REDACTED]



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Ficha Técnica

PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.

Equipe Técnica

Engenheira Agrimensora e Cartógrafa: Rayra Bellico Cária e Coelho – CREA: MG-299.677/D
Estagiários: Felipe Catão Mesquita Santos
Mayke Nogueira de Miranda



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

**LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE
PONTE NOVA, MINAS GERAIS**

**PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA
PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.**

Data do levantamento: 09 de setembro de 2021.

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035

Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, [REDACTED] cel.: [REDACTED] Whatsapp: [REDACTED]



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente relatório tem a finalidade de apresentar os produtos das etapas dos levantamentos batimétricos realizados no reservatório Passa Cinco, no município de Ponte Nova-MG. Os serviços foram executados visando a geração de produtos na escala de mapeamento 1:8.000, abrangendo uma área estimada de 5 ha, representando a área molhada do empreendimento. Além da descrição da metodologia de execução, também serão evidenciados os equipamentos utilizados, resultados obtidos e os produtos entregues.

1.1. EMPRESA CONTRATANTE

Nome: PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA – SECRETÁRIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SEMAM).

1.2. EQUIPE TÉCNICA

Os trabalhos de escritório foram executados pela equipe descrita a seguir:

- Rayra Bellico Cária e Coelho

Os trabalhos de campo foram executados pela equipe descrita a seguir:

- Rayra Bellico Cária e Coelho

- Felipe Catão Mesquita Santos

- Mayke Nogueira de Miranda



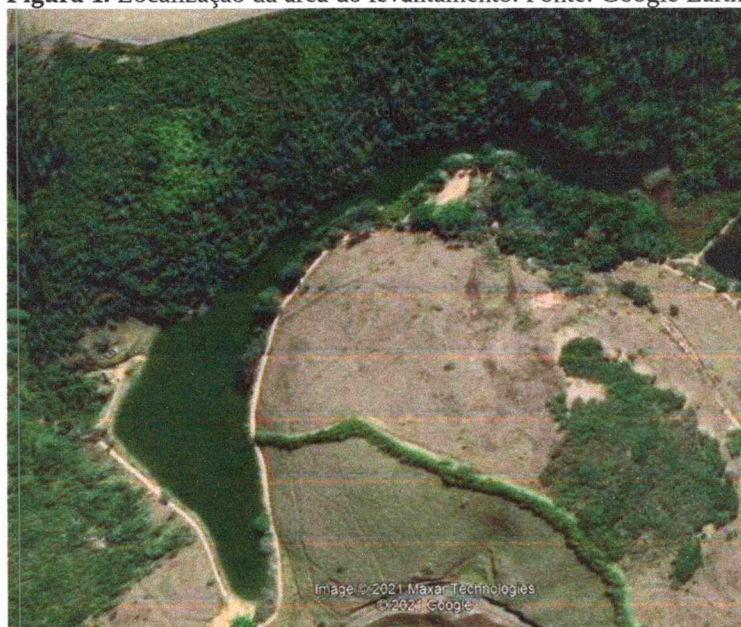
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O reservatório em que os testes foram realizados (Figura 1) é localizado no município de Ponte Nova – MG e apresenta uma área de 5 hectares.

Figura 1. Localização da área do levantamento. Fonte: Google Earth.



3. PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO

3.1. APOIO DE CAMPO

3.1.1. Normas Técnicas

Na execução dos trabalhos foram observadas todas as Normas Técnicas e Padronizações pertinentes a realização de cada fase dos serviços, dentre as quais se destacam:

- Decreto-Lei nº 1.177 de 21/06/1971 - Dispõe sobre o aerolevanteamento em território nacional;
- Decreto nº 2.278 de 17/07/1997 – RAA - Regulamenta o Decreto-Lei nº 1177 de 21/06/1971 que dispõe sobre aerolevanteamento no território nacional;



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

- Portaria nº 0637-SC-6/FA-61 de 05/03/1998 - IRA - Aprova as Instruções Reguladoras de Aerolevantamento em território nacional;
- Lei nº 7.565 de 19/12/1986 que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica;
- RPR 22 de 21/07/1983 - IBGE - Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos no Território Brasileiro;
- RPR 1/2005 – IBGE - Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro para o SIR-GAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;
- RPR 4/2012 - Retifica a RPR 1/2005;
- N 1/2008 - IBGE - Norma de Serviço sobre Padrão de Marco Geodésico;
- NBR 13.133, de 30/06/1994 - Que trata da execução de levantamentos topográficos;
- Decreto 89.817, de 20/06/1984 - Instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional quanto aos padrões de exatidão;
- Decreto nº 5.334 de 6/01/2005 - Da nova redação ao art. 21 e revoga o art. 22 do Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional;
- Decreto-lei nº 243/1967 de 28 de fevereiro de 1967 - Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências;

3.1.2. Sistema Geodésico Empregado

3.1.2.1. Referencial Planialtimétrico

Para o presente trabalho foi considerado como referência básica as estações de primeira ordem do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), homologadas junto ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) do IBGE.

Para composição dos produtos finais foi utilizado como referencial planimétrico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000). A definição deste sistema é dada pelos parâmetros a seguir apresentados.

- Nomenclatura oficial: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;
- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional ITRS (*International Terrestrial Reference System*);



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

- Figura geométrica para a Terra: Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (*Geodetic Reference System 1980 - GRS80*);
- Semi-eixo maior $a = 6.378.137$ m; e
- Achatamento $f = 1/298.257222101$.
- Parâmetros referentes ao posicionamento espacial do elipsoide:
 - Origem: Centro de massa da Terra (Geocêntrico); e
 - Orientação: Polos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0.005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0.
- Estações de Referência: 21 estações da Rede Continental SIRGAS2000, estabelecidas no Brasil e identificadas formam a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. É incluída nesse conjunto a estação SMAR, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), cujas coordenadas foram determinadas pelo IBGE posteriormente à campanha GPS SIRGAS2000;
- Época de Referência das coordenadas: 2000,4; e
- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.

3.1.2.2. Referencial Altimétrico

O referencial altimétrico adotado neste projeto é o mesmo utilizado pelo IBGE: datum altimétrico de Imbituba, que coincide com a superfície equipotencial do nível médio dos mares, definido pelas observações maregráficas tomadas na Baía de Imbituba-SC.

3.2. PROCESSAMENTO E AJUSTAMENTO DO RASTREIO DO VÉRTICE DE APOIO

Com o rastreio de pelo menos 3 horas no marco implantado na área “seca” do reservatório Passa Cinco, foi obtido o arquivo RINEX para o processamento. Todo o processamento foi realizado com base nas normativas do IBGE, respeitando cada detalhe, objetivando a melhor precisão do ponto. Os dados foram inseridos no PPP e logo em seguida feito a correção para os pontos de RTK.



Gestão Engenharia

Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Figura 2. Rastreio do vértice de apoio. Fonte: IBGE.



Figura 3. Processamento PPP do vértice de apoio. Fonte: IBGE.



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: 03313726

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS.SS 2021/08/24 13:32:55,00
 Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS.SS 2021/08/24 19:25:00,00
 Modo de Operação do Usuário: ESTÁTICO
 Observação processada: CÓDIGO & FASE
 Modelo da Antena: CNT300 NONE
 Órbitas dos satélites:¹ RÁPIDA
 Frequência processada: L3
 Intervalo do processamento(s): 5,000
 Sigma² da pseudodistância(m): 5,000
 Sigma da portadora(m): 0,010
 Altura da Antena³(m): 2,000
 Ângulo de Elevação(graus): 10,000
 Resíduos da pseudodistância(m): 1,87 GPS 2,78 GLONASS
 Resíduos da fase da portadora(cm): 1,01 GPS 1,07 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (é a que deve ser usada) ⁴	-20° 25' 27,7190"	-42° 52' 53,8670"	481,21	7740130,813	721031,077	-45
Na data do levantamento ⁵	-20° 25' 27,7105"	-42° 52' 53,8693"	481,21	7740131,076	721031,014	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,001	0,003	0,006			

Coordenada Altimétrica

Modelo: hgeoHNOR_IMBITUBA
 Fator para Conversão (m): -7,94 Incerteza (m): 0,08
 Altitude Normal (m): 489,15



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

3.3. ONDULAÇÃO GEOIDAL

A altitude determinada utilizando um receptor GNSS não está relacionada ao nível médio do mar, mas a um elipsoide de referência com dimensões específicas. Portanto, torna-se necessário conhecer a Altura (ou Ondulação) Geoidal (diferença entre as superfícies do geóide e elipsoide) para que a altitude acima do nível médio do mar possa ser obtida.

A Altura (ou Ondulação) Geoidal é empregada para converter as altitudes elipsoidais e referenciá-las ao nível médio dos mares com altitudes obtidas sobre o geóide.

O cálculo da Altitude Ortométrica foi realizado através da seguinte equação (Eq. 1) aproximada:

$$H = h - N \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

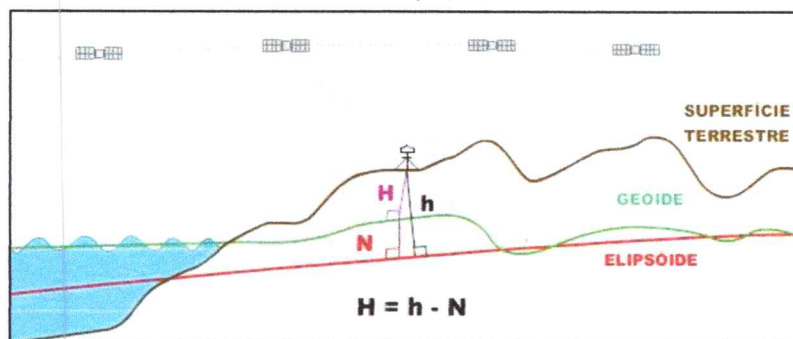
H = Altitude Ortométrica;

h = Altitude Geométrica; e

N = Ondulação Geoidal.

A Figura 4 ilustra a Altitude Ortométrica.

Figura 4. Altura (ou Ondulação) Geoidal. Fonte: IBGE.



A partir da Ondulação Geoidal do hgeoHNOR, fornecido pelo IBGE, foram calculadas as Altitudes Ortométricas dos pontos levantados.



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035

Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, [REDACTED] cel.: [REDACTED] Whatsapp: [REDACTED]



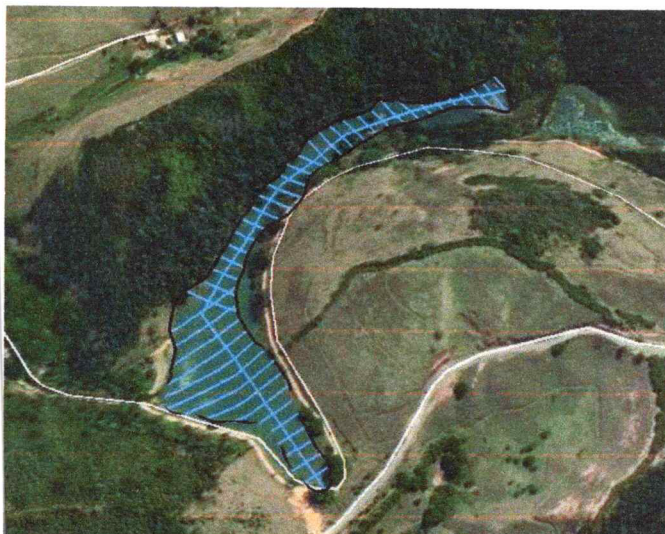
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

3. EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

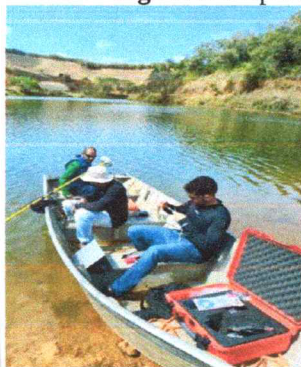
A equipe do adotou a metodologia de linhas transversais com equidistância de 10 metros e uma linha longitudinal intersectando todas as linhas, para validação e análise das discrepâncias, de acordo com a imagem abaixo (Figura 5).

Figura 5. Planejamento do levantamento batimétrico



Para a execução do levantamento toda a preparação foi realizada e a montagem do sistema foi feita em uma embarcação de oportunidade, de acordo com a Figura 6.

Figura 6. Preparação do levantamento





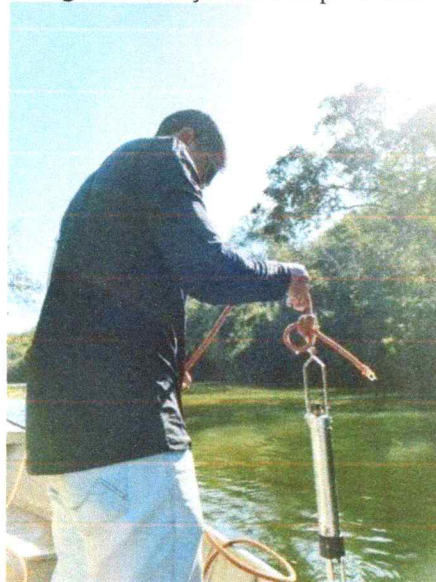
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

A calibração do ecobatímetro foi feita através da utilização do perfilador de velocidade do som na água Teledyne SVP (Figura 7).

Os dados foram descarregados no software Digibar Pro 3.0 e as velocidades obtidas foram aplicadas no software do ecobatímetro BathyLogger para a correta detecção do fundo.

Figura 7. Lançamento do perfilador



Durante o levantamento, foi constatado que a região mais a nordeste do reservatório (Figura 8 e 9) encontrava-se assoreada, impossibilitando a realização da navegação segura para a sondagem, a equipe optou por fazer a coleta de alguns pontos com a metodologia do levantamento topobatimétrico (Figura 10).



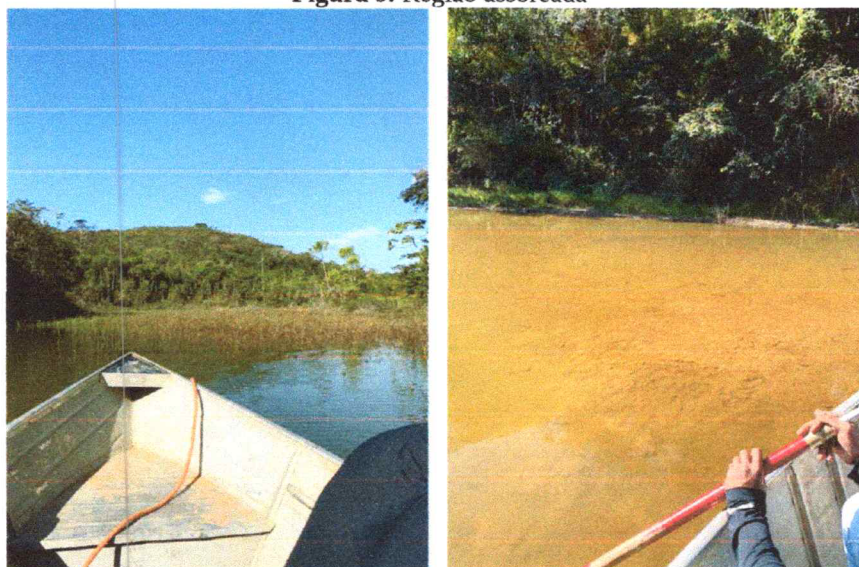
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Figura 8. Região assoreada



Figura 9. Região assoreada

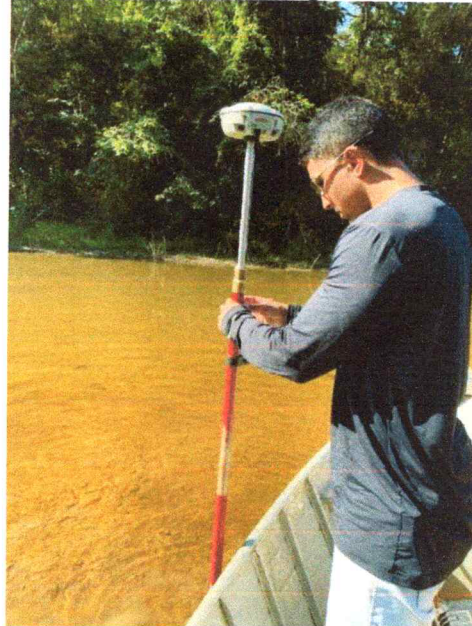




**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Figura 10. Topobatimetria nas regiões de difícil acesso



Após a coleta dos dados com a metodologia RTK, os dados são integrados com os pontos da batimetria para uma melhor representação do reservatório.

3.1. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade do apoio de campo (Levantamento, Processamento e Ajustamento) corresponde as atividades que visam garantir e atender à qualidade prevista para essa etapa. As atividades de controle da qualidade realizadas para os produtos são descritas a seguir.

3.1.1. Conferência dos Equipamentos

- Checagem do tipo de equipamento utilizado: tipo, marca, modelo, modelo de antena e código;
- Checagem do funcionamento dos equipamentos.

3.1.2. Execução dos Trabalhos de Campo

- Avaliação da localização das Estações Oficiais de Referência existentes;
- Avaliação da localização dos vértices a serem implantados no Apoio Terrestre.



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

3.1.3. Dados Coletados no Rastreo dos Pontos

- Conferência dos arquivos recebidos (fotos de campo, croquis, arquivo GNSS);
- Checagem da conversão dos arquivos para RINEX II;
- Conferência dos arquivos organizados nos diretórios;
- Verificação das cadernetas de campo.

3.1.4. Processamento e Ajustamento

- Avaliação dos vetores processados através do relatório de processamento e ajustamento;
- Conferência dos resultados obtidos para atendimento das Normas Técnicas;
- Avaliação do ajustamento através do relatório de ajustamento;
- Conferência, através de testes condicionais, das precisões de todas as coordenadas (desvios-padrão de E, N, h) e ainda da resultante das componentes dos desvios-padrão.

3.1.5. Dados Técnicos

- Análise dos procedimentos metodológicos seguidos, em atendimento às Normas Técnicas;
- Validação dos produtos gerados.

3.1.6. Monografias

- Conferência dos itinerários utilizando o Google Earth;
- Conferência da coerência nos textos gerados, da conectividade entre as palavras, se todas as indicações de nomes próprios são iniciadas por letra maiúscula e a correta pontuação;
- Conferência do tamanho das fotos de campo e fotos de localização; e
- Conferência da existência de apenas um itinerário / foto do campo / foto de localização / croqui para cada vértice e que eles estão tratando da mesma informação em cada item.



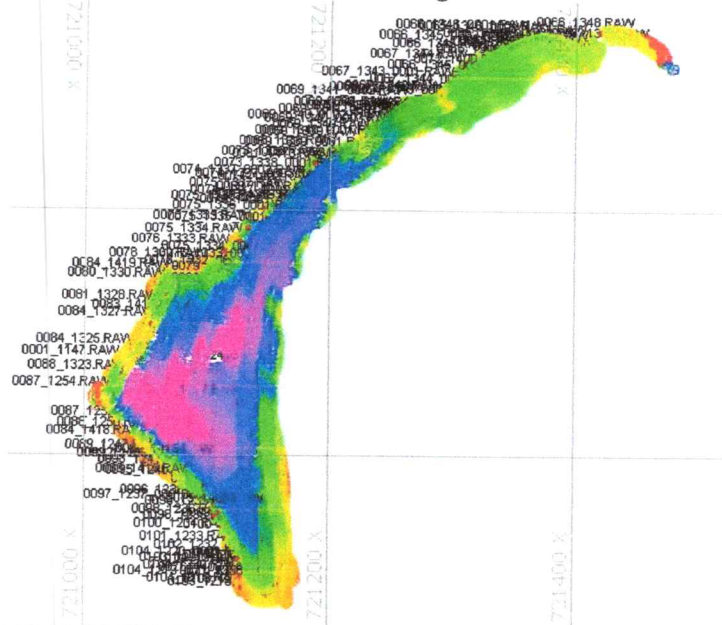
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

4. PROCESSAMENTO DOS LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE

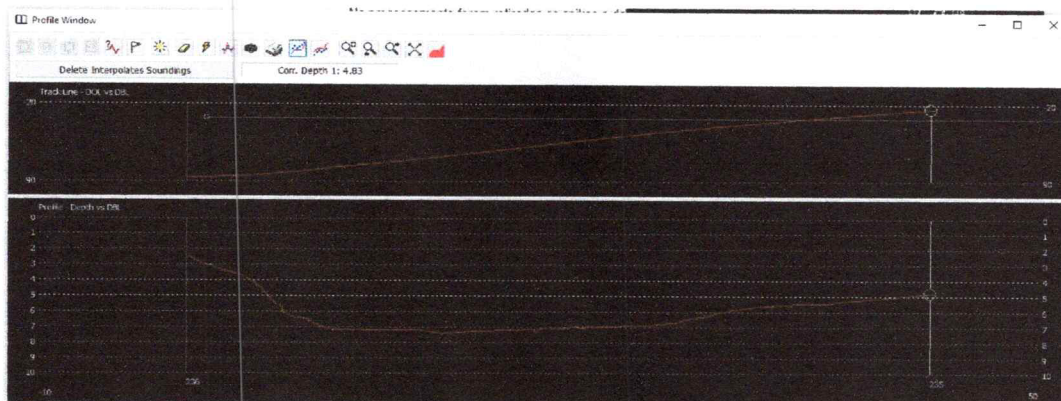
Os dados foram gerados e visualizados no Hypack MAX para que se desse início do processamento e análise das linhas sondadas. A Figura 11 mostra a visão geral dos pontos coletados.

Figura 11. Topobatimetria nas regiões de difícil acesso



No processamento foram retirados os spikes e dados espúrios (Figura 12), limpando os perfis, que já apresentavam poucos ruídos.

Figura 12. Perfil de uma seção realizada.





**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Após o processamento foram analisados os resultados do reservatório como níveis de profundidade, volume, entre outros. A Tabela 1 apresenta esses resultados após o processamento.

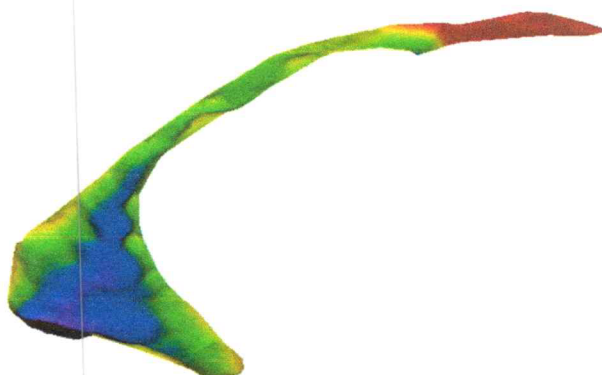
Tabela 1 - Resultados pós-processamento

RESULTADOS BATIMETRIA

Profundidade Média:	3,87	m
Profundidade Mínima:	0,21	m
Profundidade Máxima:	7,42	m
Volume:	153.780,5	m ³
Área:	34.863,8	m ²

De acordo com os dados processados, foi gerado também o modelo digital de profundidade (Figura 7) com base nas profundidades obtidas.

Figura 13. Modelo digital de profundidade.





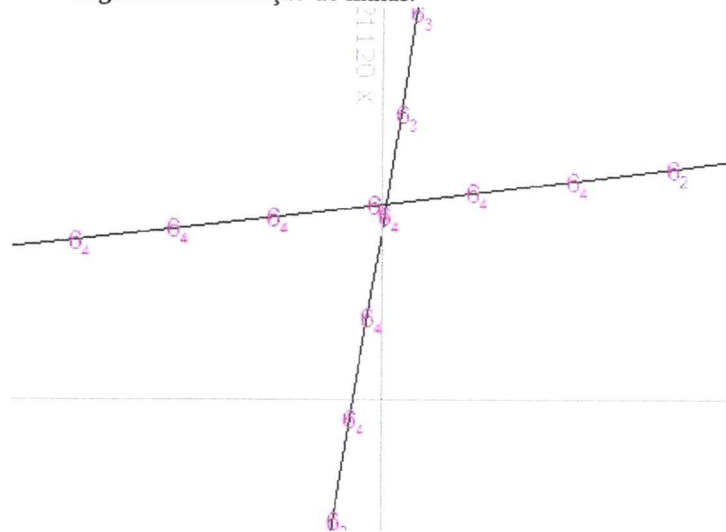
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

4. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DOS DADOS

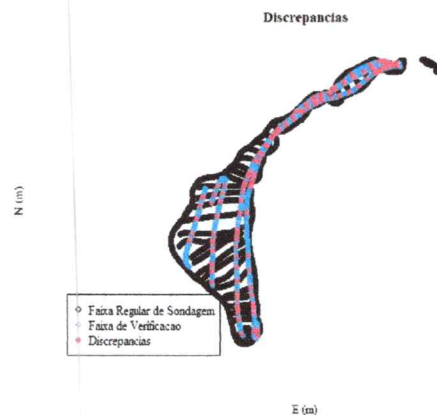
A Figura 14 mostra um exemplo de interseção entre as linhas com uma pequena discrepância das profundidades.

Figura 14. Interseção de linhas.



Para uma análise mais refinada, foi utilizado script *Point to Point* (Ferreira, 2018) para realizar as análises das discrepâncias entre as interseções das linhas transversais e longitudinais. A figura abaixo (Figura 15) apresenta os pontos identificados de interseção entre as linhas sondadas.

Figura 15. Mapa dos pontos de interseção identificados.





**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Após a inserção dos pontos no formato de coordenadas XYZ nas ferramentas de análise, obtiveram resultados de cada discrepância entre a profundidade da linha regular de sondagem e da linha de verificação (Tabela 1).

Tabela 2 - Análise estatística das discrepâncias

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Média:	-0.01	m
Mínimo:	-0.27	m
Máximo:	0.23	m
RMSE	0.22	m
Desvio Padrão	0.22	m

Foram analisadas mais de 1500 pontos de discrepâncias para o controle de qualidade do levantamento batimétrico e é notável os bons resultados apresentados para as incertezas ponto a ponto, apresentando uma incerteza média de 1 centímetro.

Ponte Nova-MG, 18 de outubro de 2021.

Rayra Bellico Cária e Coelho
Engenheira Agrimensora e Cartografa
CREA: MG 299.677/D
ART nº **MG20210651652**



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13133. Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro. 1994. 35p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14166. Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro. 1996. 23p.

CIDADE-BRASIL, 2021. Município de Barão de Cocais. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-barao-de-cocais.html> >. Acesso em: 25 de maio de 2021.

CLIMATE-DATA. **Barão de Cocais Clima (Brasil)**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/barao-de-cocais-24994/>. Acesso em: 25 maio 2021.

COPASA. **Informações sobre abastecimento**. Disponível em: <https://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/informacoes-sobre-abastecimento>. Acesso em: 21 maio 2021.

ENGENCORPS ENGENHARIA S.A. **Proposta de revisão do plano municipal de saneamento básico**. Barão de Cocais: Prefeitura Municipal de Barão de Cocais, 2020.

FERREIRA, I. O. **Controle de qualidade em levantamentos hidrográficos**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 216p., 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Barão de Cocais - Panorama**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/barao-de-cocais/panorama>. Acesso em: 25 maio 2021.

MUNICÍPIO DE BARÃO DE COCAIS, 2021. Homepage da Prefeitura de Barão de Cocais. Disponível em: < <https://www.baraodecocais.mg.gov.br> >. Acesso em: 25 de maio de 2021.

SANTOS, D. A. R.; CAMARGO, P.X. **Classificação do Uso do Solo do Município de Barão de Cocais - MG**. TCC, Publicação ENC. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 34p. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Série Histórica**. 2018. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 25 maio 2021



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

**LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE
PONTE NOVA, MINAS GERAIS**

**PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA
PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.**

**PONTE NOVA - MINAS GERAIS
SETEMBRO DE 2021**

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035

Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, [REDACTED] cel.: [REDACTED], Whatsapp: [REDACTED]



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Ficha Técnica

PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.

Equipe Técnica

Engenheira Agrimensora e Cartógrafa: Rayra Bellico Cária e Coelho – CREA: MG-299.677/D
Estagiários: Felipe Catão Mesquita Santos
Mayke Nogueira de Miranda



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

**LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NA REPRESA PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE
PONTE NOVA, MINAS GERAIS**

**PRODUTO Nº 1 – LEVANTAMENTOS GEODÉSICO E BATIMÉTRICO DA REPRESA
PASSA CINCO, NO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS.**

DATA: 09 de setembro de 2021.

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035

Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, [REDACTED], cel.: [REDACTED] Whatsapp: [REDACTED]



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente relatório tem a finalidade de apresentar os produtos das etapas dos levantamentos batimétricos realizados no reservatório Passa Cinco, no município de Ponte Nova-MG.

Os serviços foram executados visando a geração de produtos na escala de mapeamento 1:8.000, abrangendo uma área estimada de 5 ha, representando a área molhada do empreendimento.

Além da descrição da metodologia de execução, também serão evidenciados os equipamentos utilizados, resultados obtidos e os produtos entregues.

1.1.EMPRESA CONTRATANTE

Nome: PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTE NOVA – SECRETÁRIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SEMAM).

1.2.EQUIPE TÉCNICA

Os trabalhos de escritório foram executados pela equipe descrita a seguir:

- Rayra Bellico Cária e Coelho

Os trabalhos de campo foram executados pela equipe descrita a seguir:

- Rayra Bellico Cária e Coelho
- Felipe Catão Mesquita Santos
- Mayke Nogueira de Miranda



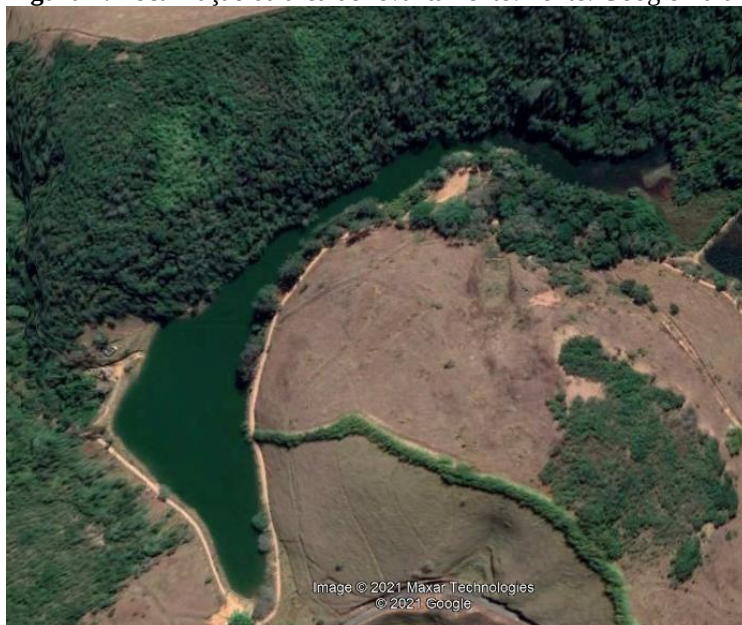
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O reservatório em que os testes foram realizados (Figura 1) é localizado no município de Ponte Nova – MG e apresenta uma área de 5 hectares.

Figura 1. Localização da área do levantamento. Fonte: Google Earth.



3. PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO

3.1. APOIO DE CAMPO

3.1.1. Normas Técnicas

Na execução dos trabalhos foram observadas todas as Normas Técnicas e Padronizações pertinentes a realização de cada fase dos serviços, dentre as quais se destacam:

- Decreto-Lei nº 1.177 de 21/06/1971 - Dispõe sobre o aerolevanteamento em território nacional;
- Decreto nº 2.278 de 17/07/1997 – RAA - Regulamenta o Decreto-Lei nº 1177 de 21/06/1971 que dispõe sobre aerolevanteamento no território nacional;
- Portaria nº 0637-SC-6/FA-61 de 05/03/1998 - IRA - Aprova as Instruções Reguladoras de Aerolevanteamento em território nacional;
- Lei nº 7.565 de 19/12/1986 que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica;



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

- RPR 22 de 21/07/1983 - IBGE - Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos no Território Brasileiro;
- RPR 1/2005 – IBGE - Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro para o SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;
- RPR 4/2012 - Retifica a RPR 1/2005;
- N 1/2008 - IBGE - Norma de Serviço sobre Padrão de Marco Geodésico;
- NBR 13.133, de 30/06/1994 - Que trata da execução de levantamentos topográficos;
- Decreto 89.817, de 20/06/1984 - Instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional quanto aos padrões de exatidão;
- Decreto nº 5.334 de 6/01/2005 - Da nova redação ao art. 21 e revoga o art. 22 do Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional;
- Decreto-lei nº 243/1967 de 28 de fevereiro de 1967 - Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências;

3.1.2. Sistema Geodésico Empregado

3.1.2.1. Referencial Planialtimétrico

Para o presente trabalho foi considerado como referência básica as estações de primeira ordem do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), homologadas junto ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) do IBGE.

Para composição dos produtos finais foi utilizado como referencial planimétrico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000). A definição deste sistema é dada pelos parâmetros a seguir apresentados.

- Nomenclatura oficial: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;
- Sistema Geodésico de Referência: Sistema de Referência Terrestre Internacional ITRS (*International Terrestrial Reference System*);
- Figura geométrica para a Terra: Elipsoide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (*Geodetic Reference System 1980 - GRS80*);
- Semi-eixo maior $a = 6.378.137$ m; e
- Achatamento $f = 1/298.257222101$.
- Parâmetros referentes ao posicionamento espacial do elipsoide:
 - Origem: Centro de massa da Terra (Geocêntrico); e
 - Orientação: Polos e meridiano de referência consistentes em $\pm 0.005''$ com as direções definidas pelo BIH (Bureau International de l'Heure), em 1984,0.



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

- Estações de Referência: 21 estações da Rede Continental SIRGAS2000, estabelecidas no Brasil e identificadas formam a estrutura de referência a partir da qual o sistema SIRGAS2000 é materializado em território nacional. É incluída nesse conjunto a estação SMAR, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC), cujas coordenadas foram determinadas pelo IBGE posteriormente à campanha GPS SIRGAS2000;
- Época de Referência das coordenadas: 2000,4; e
- Materialização: Estabelecida por intermédio de todas as estações que compõem a Rede Geodésica Brasileira, implantadas a partir das estações de referência.

3.1.2.2. Referencial Altimétrico

O referencial altimétrico adotado neste projeto é o mesmo utilizado pelo IBGE: datum altimétrico de Imbituba, que coincide com a superfície equipotencial do nível médio dos mares, definido pelas observações maregráficas tomadas na Baía de Imbituba-SC.

3.2. PROCESSAMENTO E AJUSTAMENTO DO RASTREIO DO VÉRTICE DE APOIO

Com o rastreio de pelo menos 3 horas no marco implantado na área “seca” do reservatório Passa Cinco, foi obtido o arquivo RINEX para o processamento. Todo o processamento foi realizado com base nas normativas do IBGE, respeitando cada detalhe, objetivando a melhor precisão do ponto. Os dados foram inseridos no PPP e logo em seguida feito a correção para os pontos de RTK.

Figura 2. Rastreio do vértice de apoio. Fonte: IBGE.





**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Figura 3. Processamento PPP do vértice de apoio. Fonte: IBGE.



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: 03313726

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS.SS	2021/08/24 13:32:55,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS.SS	2021/08/24 19:25:00,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	CNTT300 NONE
Órbitas dos satélites: ¹	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	5,00
Sigma ² da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena ³ (m):	2,000
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,87 GPS 2,78 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	1,01 GPS 1,07 GLONASS

Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (é a que deve ser usada) ⁴	-20° 25' 27,7190"	-42° 52' 53,8670"	481,21	7740130.813	721031.077	-45
Na data do levantamento ⁵	-20° 25' 27,7105"	-42° 52' 53,8693"	481,21	7740131.076	721031.014	-45
Sigma(95%) ⁶ (m)	0,001	0,003	0,006			

Coordenada Altimétrica

Modelo:	hgeoHNOR_IMBITUBA	
Fator para Conversão (m):	-7,94	Incerteza (m): 0,08
Altitude Normal (m):	489,15	

3.3. ONDULAÇÃO GEOIDAL

A altitude determinada utilizando um receptor GNSS não está relacionada ao nível médio do mar, mas a um elipsoide de referência com dimensões específicas. Portanto, torna-se necessário conhecer a Altura (ou Ondulação) Geoidal (diferença entre as superfícies do geoide e elipsoide) para que a altitude acima do nível médio do mar possa ser obtida.

A Altura (ou Ondulação) Geoidal é empregada para converter as altitudes elipsoidais e referenciá-las ao nível médio dos mares com altitudes obtidas sobre o geoide.

O cálculo da Altitude Ortométrica foi realizado através da seguinte equação (Eq. 1) aproximada:

$$H = h - N \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

H = Altitude Ortométrica;

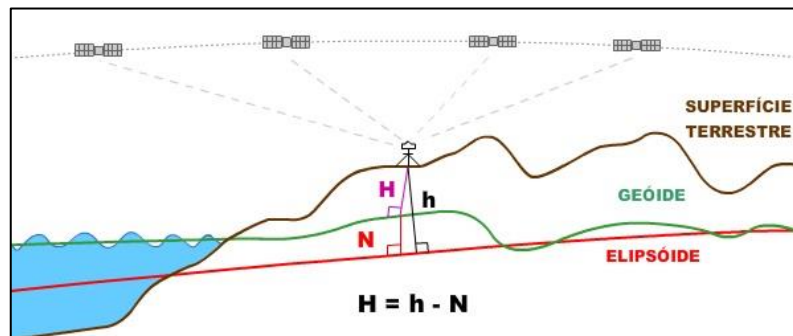
h = Altitude Geométrica; e

N = Ondulação Geoidal.


**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura
RELATÓRIO TÉCNICO

A Figura 5 ilustra a Altitude Ortométrica.

Figura 4. Altura (ou Ondulação) Geoidal. Fonte: IBGE.



A partir da Ondulação Geoidal do hgeoHNOR, fornecido pelo IBGE, foram calculadas as Altitudes Ortométricas dos pontos levantados.



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035

Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, [REDACTED], cel.: [REDACTED], Whatsapp: [REDACTED]

1. EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

A equipe adotou a metodologia de linhas transversais com equidistância de 10 metros e uma linha longitudinal intersectando todas as linhas, para validação e análise das discrepâncias, de acordo com a imagem abaixo (Figura 5).



Figura 5. Planejamento do levantamento batimétrico

Para a execução do levantamento toda a preparação foi realizada e a montagem do sistema foi feita em uma embarcação de oportunidade, de acordo com a Figura 6.

Figura 6. Preparação do levantamento



Figura 3 - Preparação do levantamento



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

A calibração do ecobatímetro foi feita através da utilização do perfilador de velocidade do som na água Teledyne SVP (Figura 7).

Os dados foram descarregados no software Digibar Pro 3.0 e as velocidades obtidas foram aplicadas no software do ecobatímetro BathyLogger para a correta detecção do fundo.

Figura 7. Lançamento do perfilador



Durante o levantamento, foi constatado que a região mais a nordeste do reservatório (Figura 8 e 9) encontrava-se assoreada, impossibilitando a realização da navegação segura para a sondagem, a equipe optou por fazer a coleta de alguns pontos com a metodologia do levantamento topobatimétrico (Figura 10).



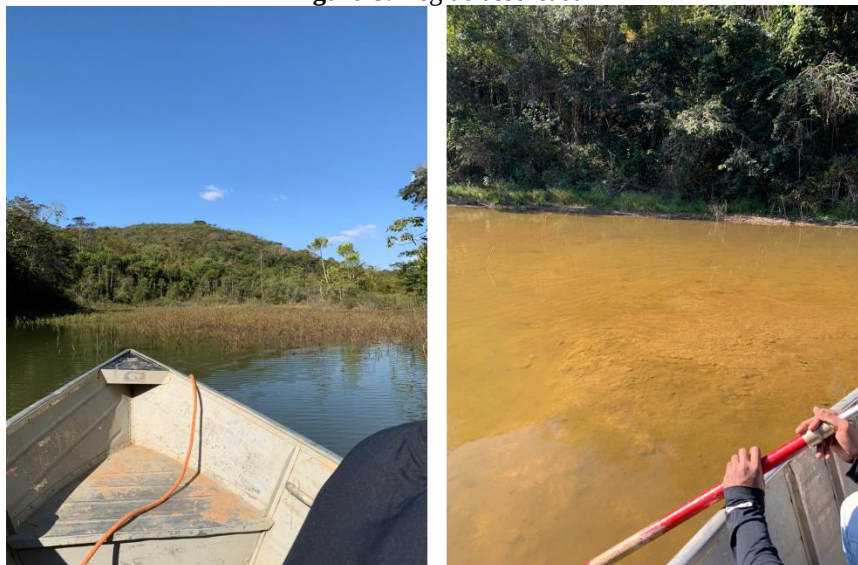
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Figura 8. Região assoreada



Figura 9. Região assoreada





**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

Figura 10. Topobatimetria nas regiões de difícil acesso



Após a coleta dos dados com a metodologia RTK, os dados são integrados com os pontos da batimetria para uma melhor representação do reservatório.

1.1. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade do apoio de campo (Levantamento, Processamento e Ajustamento) corresponde as atividades que visam garantir e atender à qualidade prevista para essa etapa. As atividades de controle da qualidade realizadas para os produtos são descritas a seguir.

1.1.1. Conferência dos Equipamentos

- Checagem do tipo de equipamento utilizado: tipo, marca, modelo, modelo de antena e código;
- Checagem do funcionamento dos equipamentos.

1.1.2. Execução dos Trabalhos de Campo

- Avaliação da localização das Estações Oficiais de Referência existentes;
- Avaliação da localização dos vértices a serem implantados no Apoio Terrestre.

1.1.3. Dados Coletados no Rastreamento dos Pontos

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035

Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, [REDACTED], cel.: [REDACTED] Whatsapp: [REDACTED]



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

- Conferência dos arquivos recebidos (fotos de campo, croquis, arquivo GNSS);
- Checagem da conversão dos arquivos para RINEX II;
- Conferência dos arquivos organizados nos diretórios;
- Verificação das cadernetas de campo.

1.1.4. Processamento e Ajustamento

- Avaliação dos vetores processados através do relatório de processamento e ajustamento;
- Conferência dos resultados obtidos para atendimento das Normas Técnicas;
- Avaliação do ajustamento através do relatório de ajustamento;
- Conferência, através de testes condicionais, das precisões de todas as coordenadas (desvios-padrão de E, N, h) e ainda da resultante das componentes dos desvios-padrão.

1.1.5. Dados Técnicos

- Análise dos procedimentos metodológicos seguidos, em atendimento às Normas Técnicas;
- Validação dos produtos gerados.

1.1.6. Monografias

- Conferência dos itinerários utilizando o Google Earth;
- Conferência da coerência nos textos gerados, da conectividade entre as palavras, se todas as indicações de nomes próprios são iniciadas por letra maiúscula e a correta pontuação;
- Conferência do tamanho das fotos de campo e fotos de localização; e
- Conferência da existência de apenas um itinerário / foto do campo / foto de localização / croqui para cada vértice e que eles estão tratando da mesma informação em cada item.



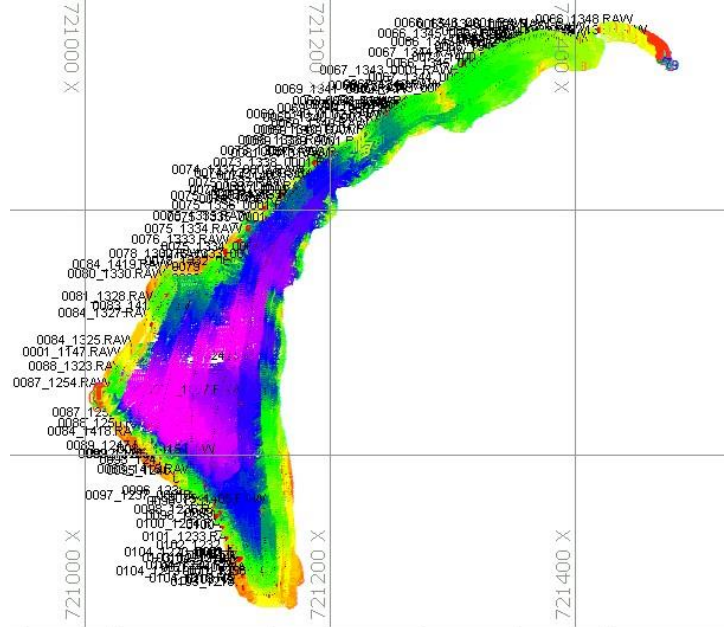
**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

2. PROCESSAMENTO DOS LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE

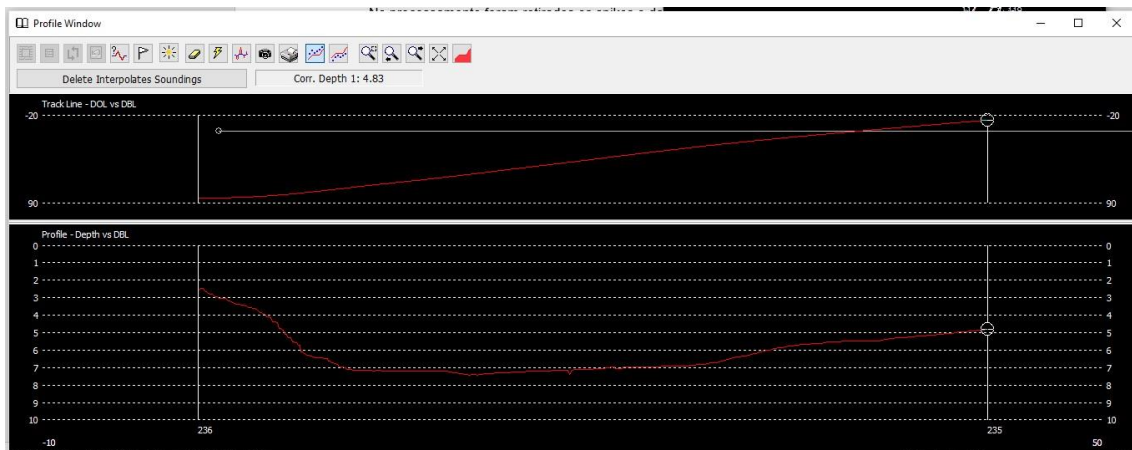
Os dados foram gerados e visualizados no Hypack MAX para que se desse início do processamento e análise das linhas sondadas. A Figura 11 mostra a visão geral dos pontos coletados.

Figura 11. Topobatimetria nas regiões de difícil acesso



No processamento foram retirados os spikes e dados espúrios (Figura 12), limpando os perfis, que já apresentavam poucos ruídos.

Figura 12. Perfil de uma seção realizada.



Após o processamento foram analisados os resultados do reservatório como níveis de profundidade,

AVENIDA NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS, Nº 314, A - BAIRRO GUARAPIRANGA - PONTE NOVA - MG, Tel: (31)3817-5035

Engenheira: Rayra Bellico Cária e Coelho, [REDACTED], cel.: [REDACTED], Whatsapp: [REDACTED]



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

volume, entre outros. A Tabela 1 apresenta esses resultados após o processamento.

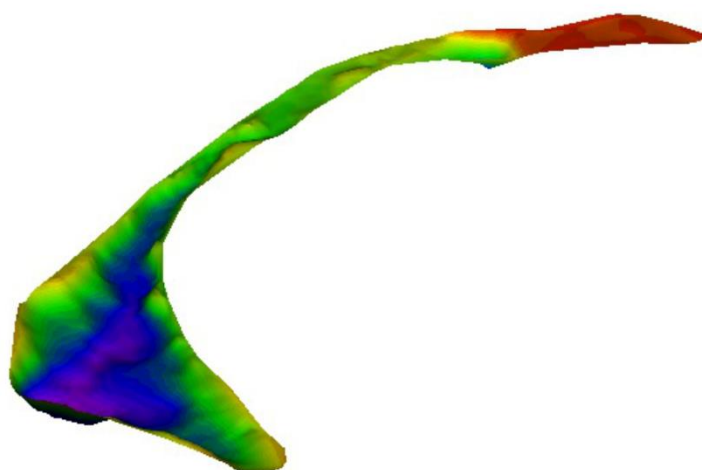
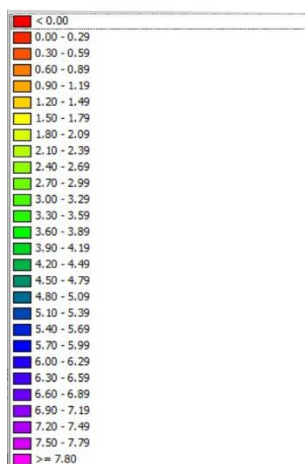
Tabela 1 - Resultados pós-processamento

RESULTADOS BATIMETRIA

Profundidade Média:	3,87	m
Profundidade Mínima:	0,21	m
Profundidade Máxima:	7,42	m
Volume:	153.780,5	m ³
Área:	34.863,8	m ²

De acordo com os dados processados, foi gerado também o modelo digital de profundidade (Figura 7) com base nas profundidades obtidas.

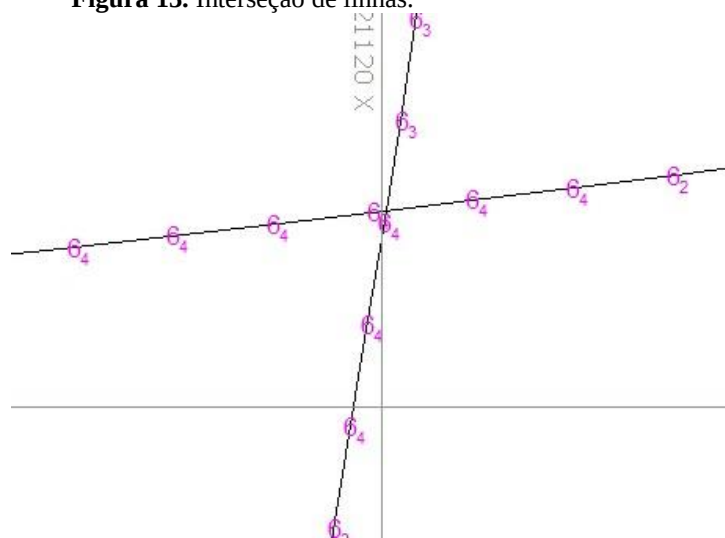
Figura 10. Modelo digital de profundidade.



3. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DOS DADOS

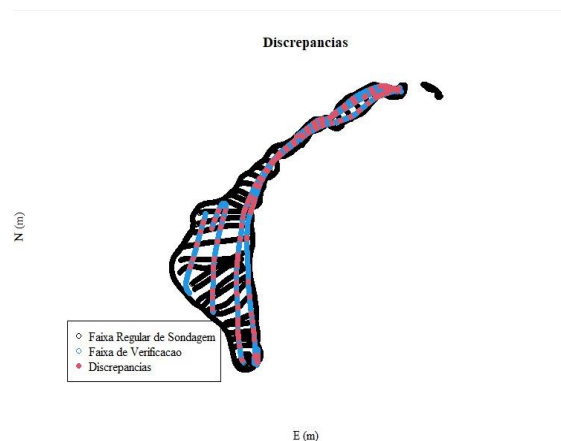
A Figura 13 mostra um exemplo de interseção entre as linhas com uma pequena discrepância das profundidades.

Figura 13. Interseção de linhas.



Para uma análise mais refinada, foi utilizado script *Point to Point* (Ferreira, 2018) para realizar as análises das discrepâncias entre as interseções das linhas transversais e longitudinais. A figura abaixo (Figura 14) apresenta os pontos identificados de interseção entre as linhas sondadas.

Figura 14. Mapa dos pontos de interseção identificados.



Após a inserção dos pontos no formato de coordenadas XYZ nas ferramentas de análise, obtiveram resultados de cada discrepância entre a profundidade da linha regular de sondagem e da linha de



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

verificação (Tabela 1).

Tabela 2 - Análise estatística das discrepâncias

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Média:	-0.01	m
Mínimo:	-0.27	m
Máximo:	0.23	m
RMSE	0.22	m
Desvio Padrão	0.22	m

Foram analisadas mais de 1500 pontos de discrepâncias para o controle de qualidade do levantamento batimétrico e é notável os bons resultados apresentados para as incertezas ponto a ponto, apresentando uma incerteza média de 1 centímetro.



**Gestão
Engenharia**
Meio Ambiente e Agrimensura

RELATÓRIO TÉCNICO

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13133. Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro. 1994. 35p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14166. Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro. 1996. 23p.

CIDADE-BRASIL, 2021. Município de Barão de Cocais. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-barao-de-cocais.html> >. Acesso em: 25 de maio de 2021.

CLIMATE-DATA. **Barão de Cocais Clima (Brasil)**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/barao-de-cocais-24994/>. Acesso em: 25 maio 2021.

COPASA. **Informações sobre abastecimento**. Disponível em: <https://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/informacoes-sobre-abastecimento>. Acesso em: 21 maio 2021.

ENGEORPS ENGENHARIA S.A. **Proposta de revisão do plano municipal de saneamento básico**. Barão de Cocais: Prefeitura Municipal de Barão de Cocais, 2020.

FERREIRA, I. O. **Controle de qualidade em levantamentos hidrográficos**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 216p., 2018.





INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Barão de Cocais - Panorama**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/barao-de-cocais/panorama>. Acesso em: 25 maio 2021.

MUNICÍPIO DE BARÃO DE COCAIS, 2021. Homepage da Prefeitura de Barão de Cocais. Disponível em: < <https://www.baraodecocais.mg.gov.br> >. Acesso em: 25 de maio de 2021.

SANTOS, D. A. R.; CAMARGO, P.X. **Classificação do Uso do Solo do Município de Barão de Cocais - MG**. TCC, Publicação ENC. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, GO, 34p. 2019.

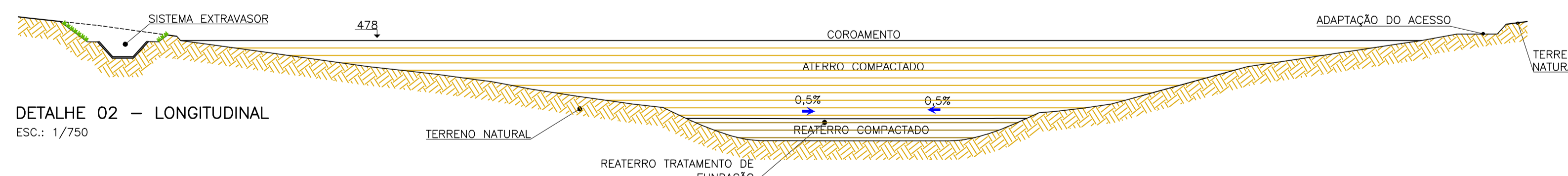
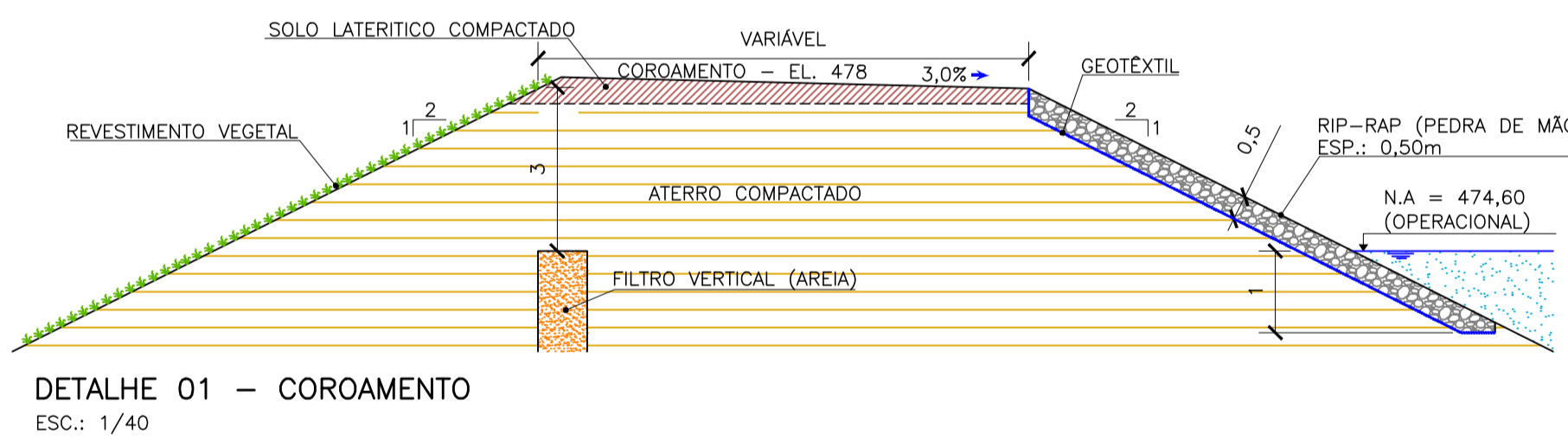
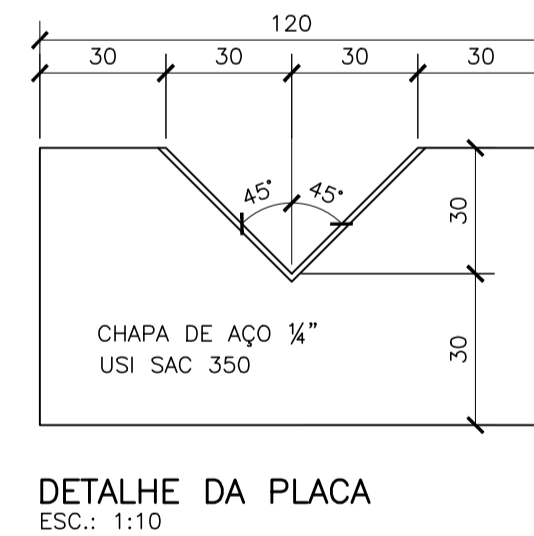
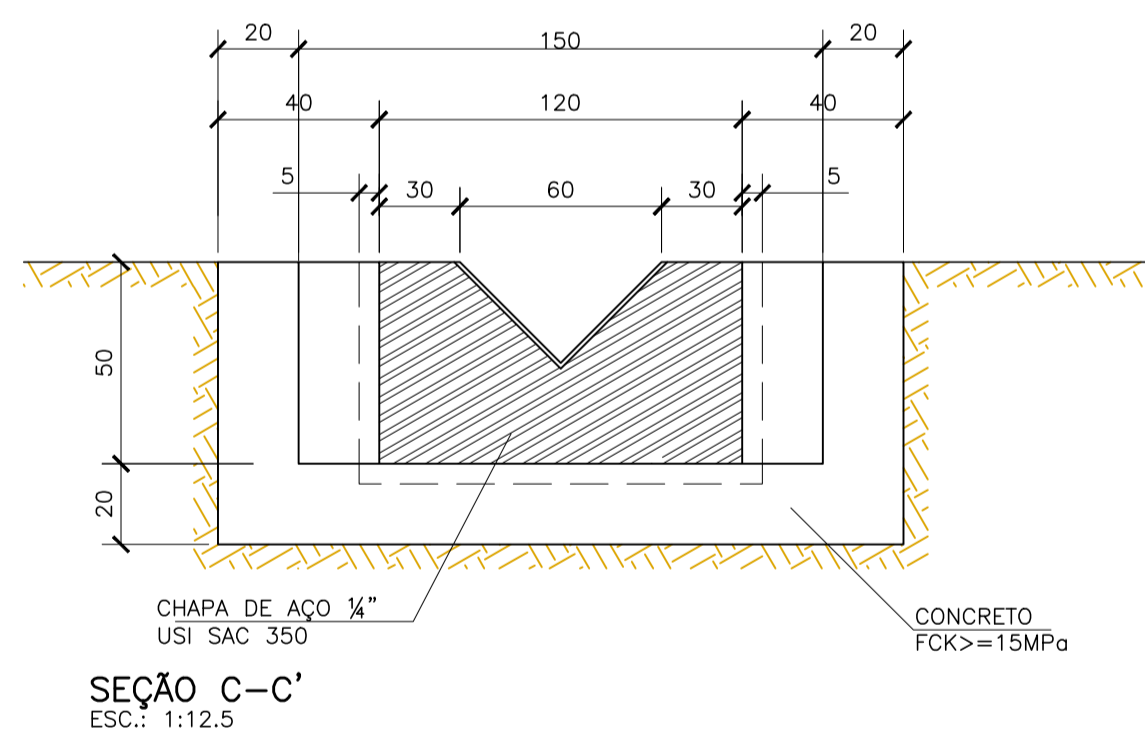
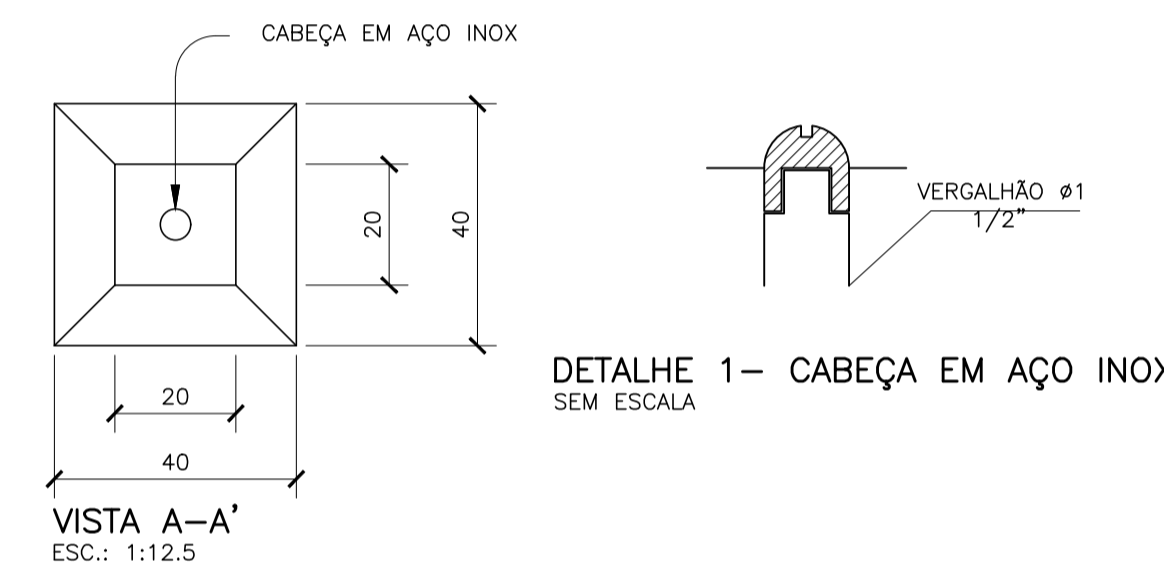
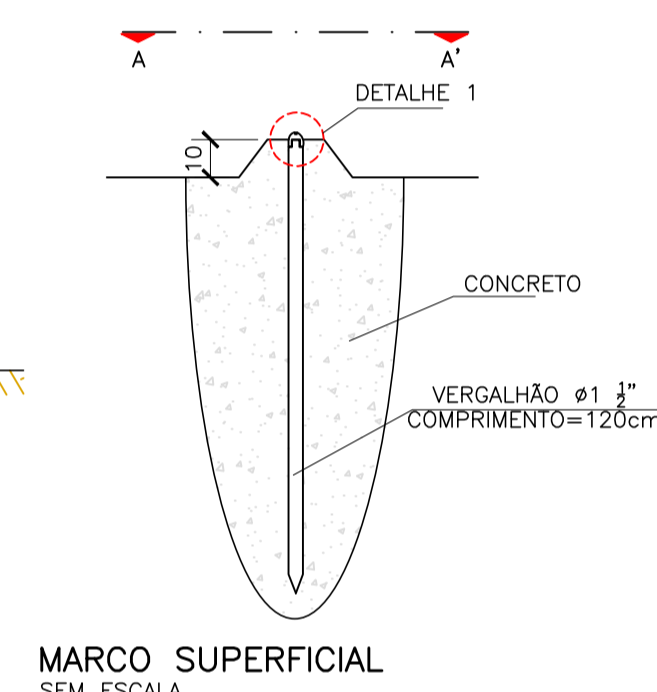
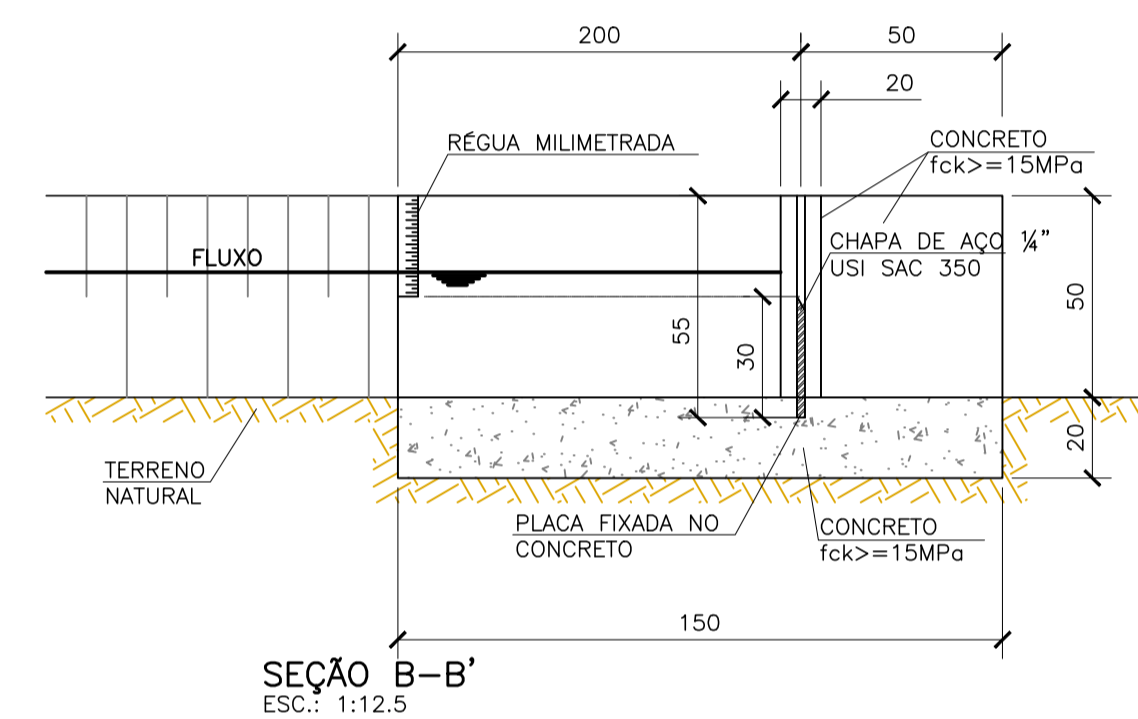
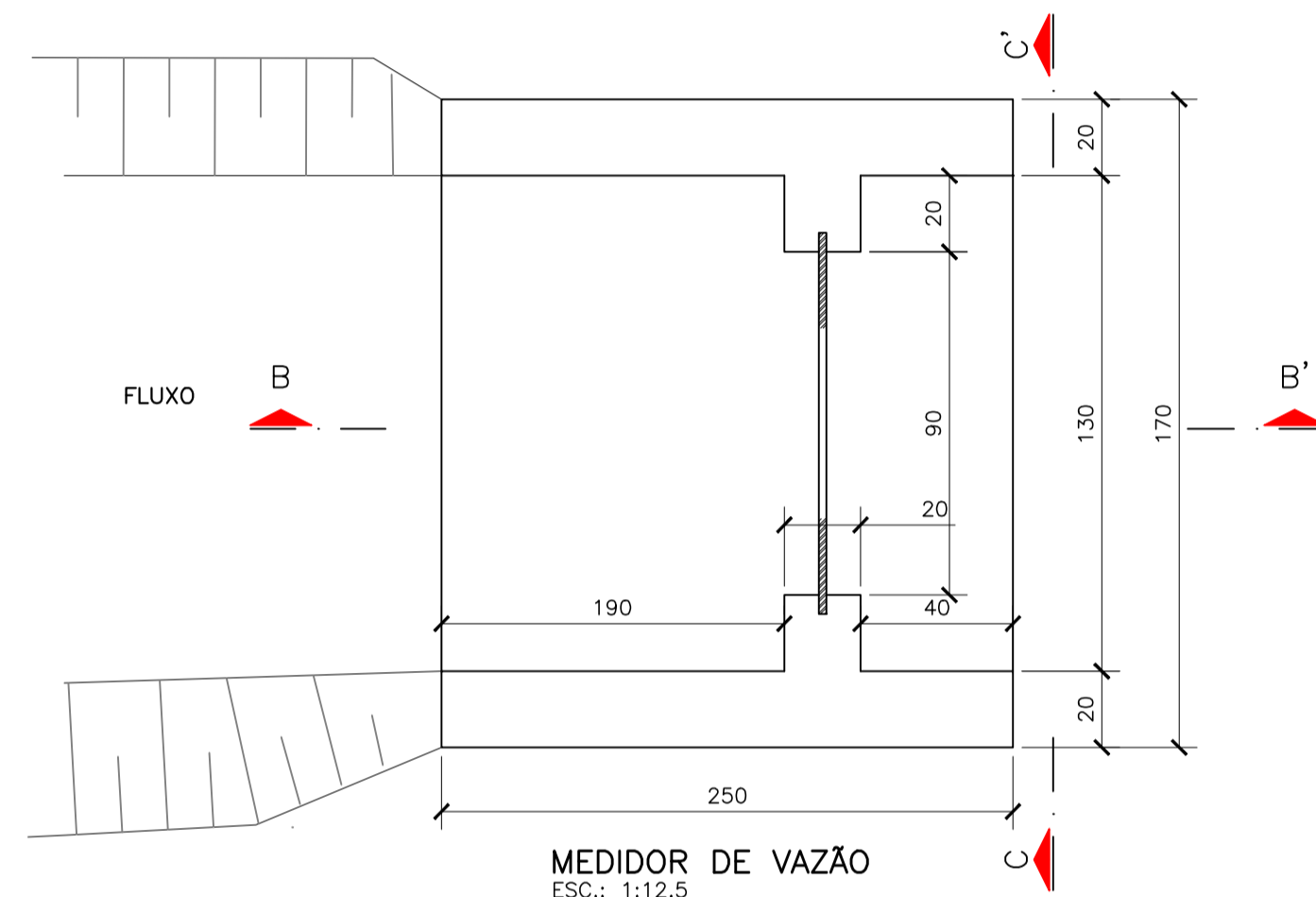
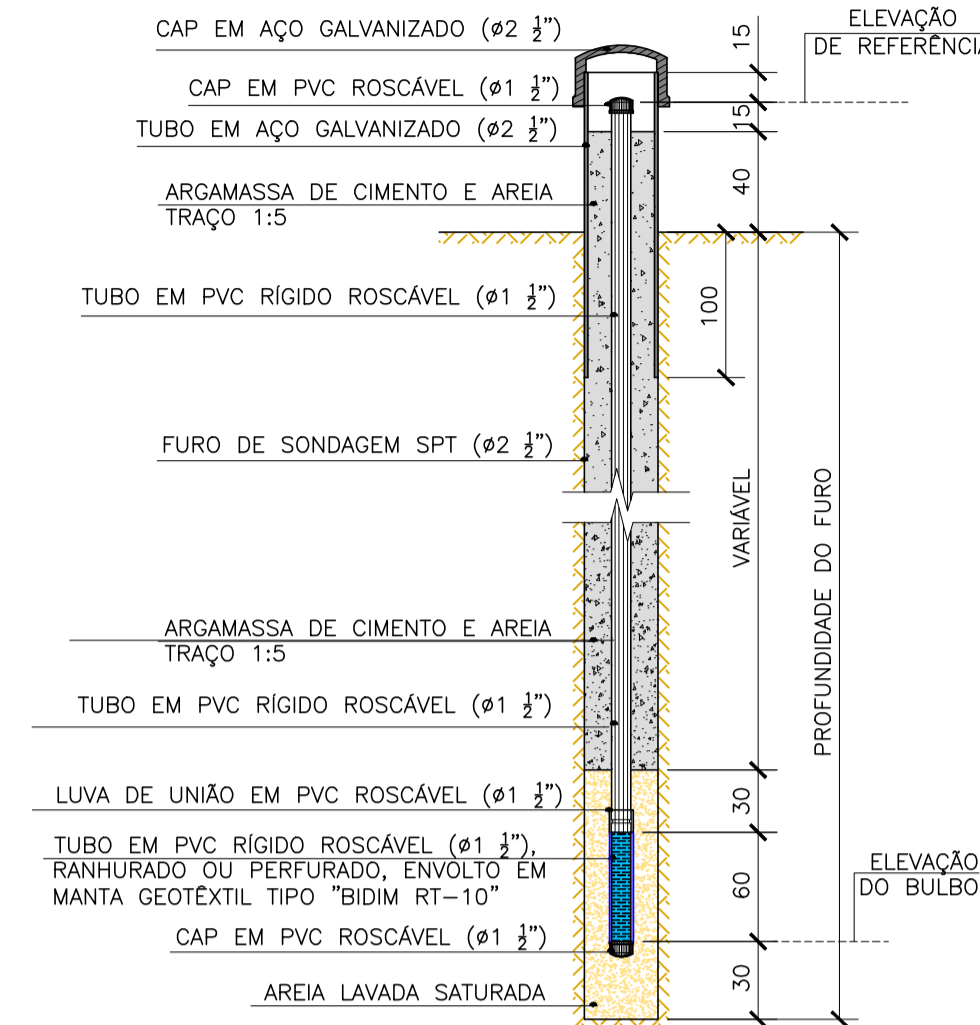
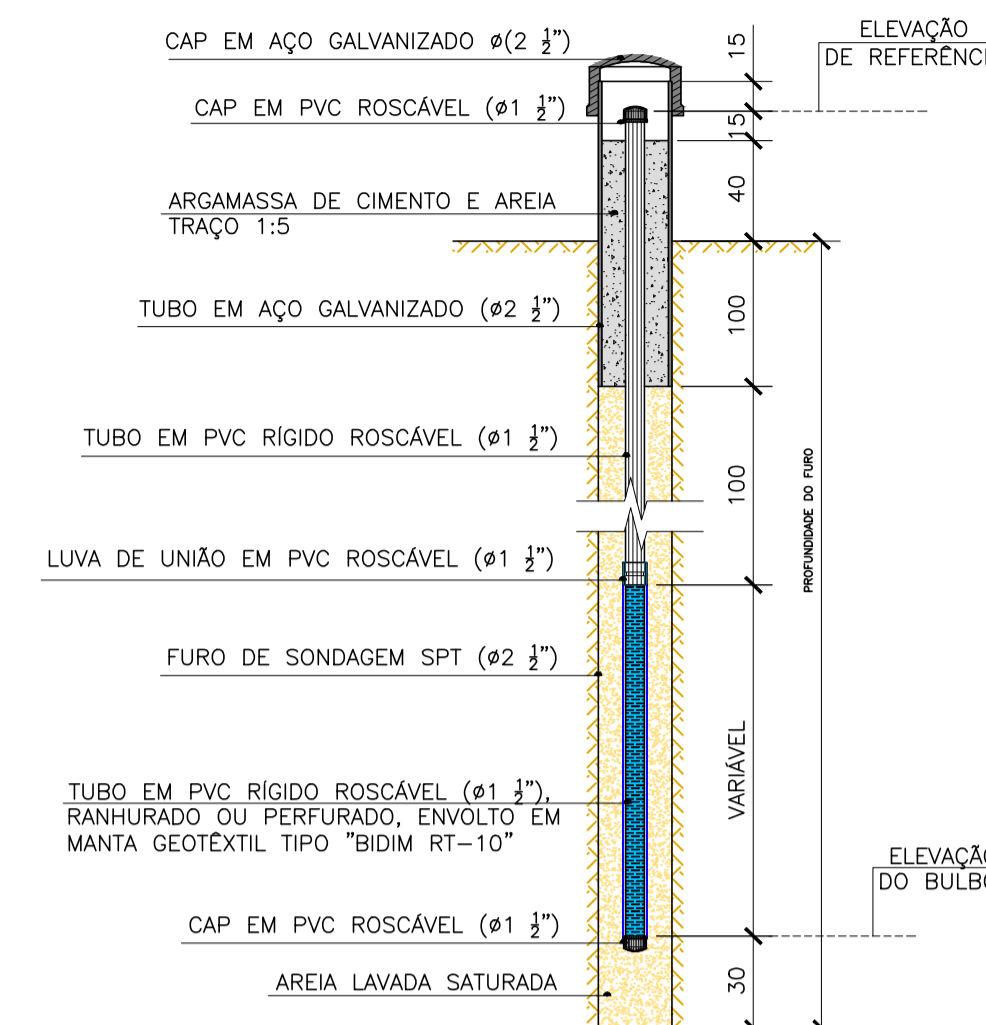
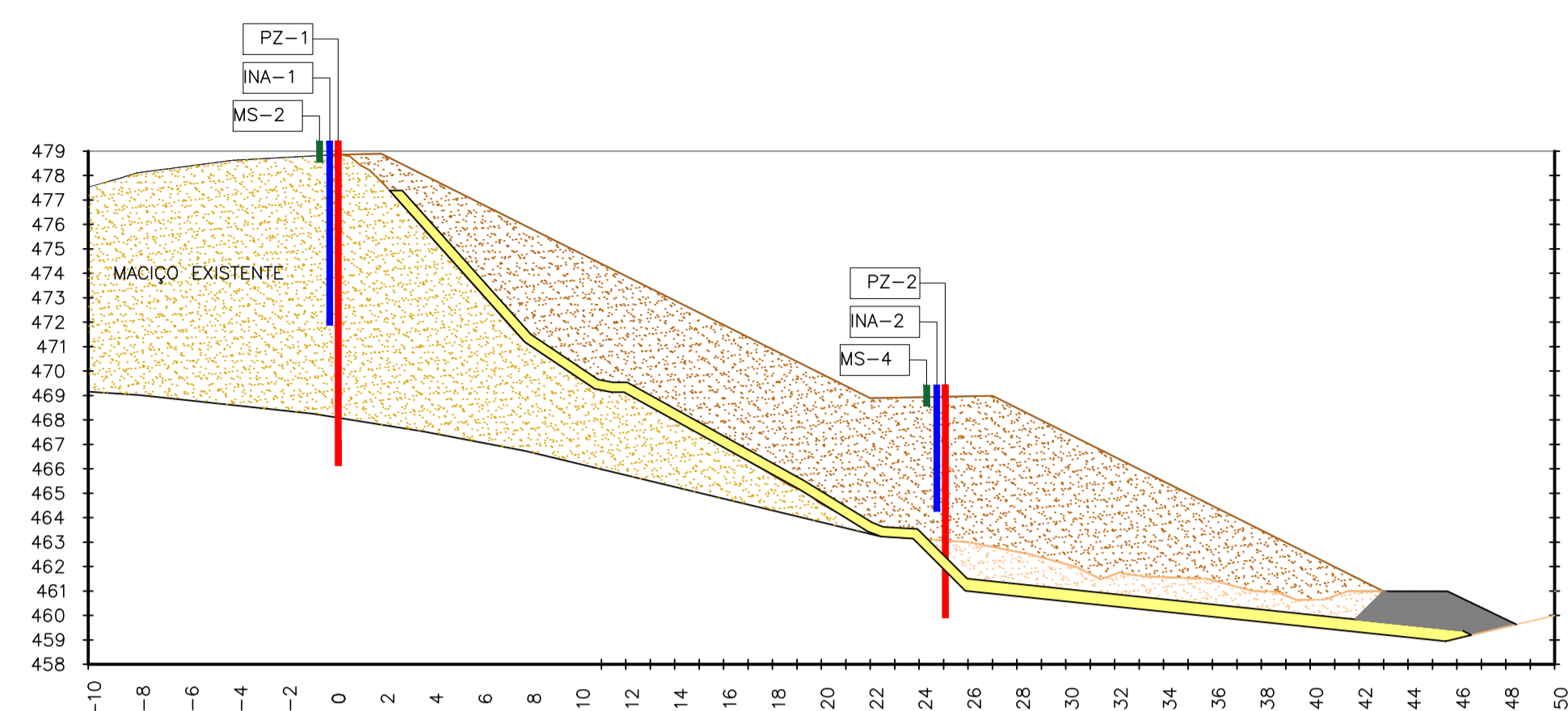
SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Série Histórica**. 2018. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 25 maio 2021

LEGENDA

-  INDICADOR DE NÍVEL D'ÁGUA - INA - PROPOSTO
-  PIÊZOMETRO - PZ - PROPOSTO
-  MARCO SUPERFICIAL - MS - PROPOSTO
-  MEDIDOR DE VAZÃO - MV - PROPOSTO

NOTAS GERAIS

1. TODAS AS DIMENSÕES E ELEVÇÕES ESTÃO EM METROS, EXCETO ONDE INDICADO.
2. TODAS AS DIMENSÕES E INCLINAÇÕES DO PROJETO DEVERÃO SER SEGUIDAS, COM VARIAÇÕES MÁXIMAS DE 5%.
3. TODAS AS COTAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS OBRAS.
4. CASO SE VERIFIQUE QUALQUER INCOMPATIBILIDADE NO PRESENTE PROJETO, A MESMA DEVERÁ DE IMEDIATO SER COMUNICADA POR ESCRITO PARA O PROJETISTA.
5. TODAS AS VALAS A CÉU ABERTO, CONFORME A ESTABILIDADE DO TERRENO, DEVERÃO SER ESCORADAS COM PONTALETES DE MADEIRA OU METÁLICOS.
6. COLOCAR LASTRO DE CONCRETO MAGRO COM 0,05m DE ESPESURA EM TODOS OS ELEMENTOS EM CONCRETO QUE ESTEJAM EM CONTATO COM O TERRENO E ABAIXO DE TODAS AS TUBULAÇÕES (BERÇO).
7. NOS LOCAIS QUE NÃO ESTÃO INDICADOS ELEMENTOS DE DRENAGEM DEVERÁ SER EXECUTADO VALETA PARA PROTEÇÃO DE CORTE COM LASTRO DE BRITA PARA EVITAR EROSIÃO E CARREAMENTO DE SÓLIDOS.
8. A DRENAGEM PROJETADA DEVE DIMENSIONAR CONSIDERANDO LIMPEZA CONSTANTE DOS CONDUTOS E DISPOSITIVOS DE DRENAGEM.
9. RECOMENDA-SE QUE APÓS CHUVAS DE MODERADA INTENSIDADE SEJA REALIZADA VISTORIA EM CAMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO.
10. UM SISTEMA DE DRENAGEM PROVISÓRIO DEVERÁ SER IMPLANTADO CONCOMITANTEMENTE COM A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM.
11. TODAS AS SUPERFÍCIES DOS TALUDES DEFINITIVOS DEVERÃO SER PROTEGIDAS COM GRAMA.
12. NOS REATERROS DEVERÁ SER ALCANÇADO O GRAU DE COMPACTAÇÃO MÍNIMO DE 98% DO PROCTOR NORMAL DO MATERIAL UTILIZADO PARA EXECUÇÃO DO ATERRO;
13. AS OBRAS DE TERRAPLENAGEM SERÃO REALIZADAS EM ETAPA ÚNICA, A FIM DE MINIMIZAR A EROSIÃO E CARREAMENTO DE PARTÍCULAS. NÃO ESTÃO PREVISTAS ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MASSA DE TERRA, SENDO OS TALUDES PROJETADOS PARA SE AUTO-SUPPORTAREM (CONFORME INCLINAÇÃO DE PROJETO) E A EROSIÃO DOS MESMOS CONTROLADAS COM O PLANTIO DE GRAMA.
14. NAS ÁREAS DESTINADAS A ATERRO SERÁ DEIXADA UMA CAMADA DE NO MÍNIMO 0,60 (SESSENTA CENTÍMETROS), ABAIXO DO NÍVEL PROJETADO, ISENTA DE TOCOS OU RAÍZES. AS CAMADAS DE MATERIAIS INSERVÍVEIS SERÃO SUBSTITUÍDAS. NAS ÁREAS QUE NÃO SERÃO DESTINADAS À ATERRO, SERÁ PRESERVADA A VEGETAÇÃO NATURAL, DESDE QUE NÃO REPRESENTE PREJUÍZOS DE ORDEM TÉCNICA.
15. TODO O SOLO MOLE/TURFA DEVERÁ SER REMOVIDO SOBRE A ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO BARRAMENTO COM O OFFSET DE 10M EM RELAÇÃO AO PERÍMETRO DO BARRAMENTO;
16. CASO DURANTE A ESCAVAÇÃO FOR VERIFICADO NECESSIDADE DE MELHORAR O SOLO DE FUNDAÇÃO (ABAIXO DO SOLO MOLE/TURFA) DO ATERRO PODERÁ SER MELHORADO COM MISTURA DE SOLO-CIMENTO, OU SOLO-CAL, OU OUTRA TÉCNICA QUE GARANTA O AUMENTO DE CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO PARA RECEBER O ATERRO SEM GRANDES RECALQUES. OS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS DEVERÃO SER ENSAIADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS NO PROJETO;
17. OS TRABALHOS DE ATERRO TERÃO DE SER EXECUTADOS COM MATERIAL ESCOLHIDO, DE PREFERÊNCIA LATERITA OU TERRA (NUNCA TURFA NEM ARGILA ORGÂNICA), SEM DETRITOS VEGETAIS, PEDRAS OU ENTULHO, EM CAMADAS SUCESSIVAS DE 25 CM (MATERIAL SOLTO), DEVIDAMENTE MOLHADAS E APLOADAS, MANUAL OU MECANICAMENTE, A FIM DE SEREM EVITADAS FENDAS, TRINÇAS E DESNÍVEIS EM VIRTUDE DE RECALQUE NAS CAMADAS ATERRADAS.
18. APÓS FINALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM DEVERÁ SER REALIZADA PROTEÇÃO VEGETAL COMPOSTA PELO PREPARAÇÃO DO SOLO, EXECUÇÃO DE HIDROSSEMEADURA, APLICAÇÃO DE BIOMANTA E FIXAÇÃO COM GRAMPOS DE AÇO.
20. SUGERE-SE A AUTOMATIZAÇÃO DOS INAs E PZs VISANDO OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA DAS LEITURAS.



PROJETO CONCEITUAL DE REFORÇO DE BARRAGEM

ENDEREÇO:
R. Cel. Emilio Martins, Bairro Fátima, Ponte Nova - MG

PROPRIETÁRIO: PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA

Contratante:
PREFEITURA DE MUNICIPAL DE PONTE NOVA
C.N.P.J.: 23.804.149/0001-29

Responsável Técnico:
Engenheiro Civil Dr. Adonai Gomes Fineza
C.P.F.: 732.426
CREA: MG 094.683/0



OBSERVAÇÕES:
ESTA FOLHA É DE PROPRIEDADE DO CONTRATANTE E SEU CONTEÚDO NÃO PODE SER COPIADO OU REVELADO A TERCEIROS.
ESTE PROJETO É UMA OBRA DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DE SEU(S) AUTOR(ES).
ALTERNATIVAS SEM PREVIA AUTORIZAÇÃO RESULTARÃO EM INFRAÇÃO PREVISTA NA LEI NÚMERO 5.194 DE 24 DE DEZEMBRO DE 1966.

FOLHA
04/05

ETAPA: Projeto Final | **PROJETISTA:** Anderson/Gian | **ESCALA:** INDICADA | **DATA:** 15/11/2021

COLOR 1349450 - PENNA 0.10
COLOR 2349450 - PENNA 0.20
COLOR 3349450 - PENNA 0.30
COLOR 4349450 - PENNA 0.40
COLOR 5349450 - PENNA 0.50
COLOR 6349450 - PENNA 0.60
COLOR 7349450 - PENNA 0.70
COLOR 8349450 - PENNA 0.80
COLOR 9349450 - PENNA 0.90

Esta folha é de propriedade do Contratante e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o projetista de sua responsabilidade sobre o mesmo.